

반응표면분석에 의한 단감식초 제조조건의 모니터링

정용진 · 서권일 · 이기동 · 윤광섭* · 강미정** · 김광수**

동국전문대학 전통발효식품과, *효성카톨릭대학교 식품공학과,

**영남대학교 식품영양학과

Monitoring for the Fermentation Conditions of Sweet Persimmon Vinegar using Response Surface Methodology

Yong-Jin Jeong, Kwon-II Seo, Gee-Dong Lee, Kwang-Sup Youn,
Mi-Jung Kang** and Kwang-Soo Kim**

Department of Traditional Fermented Food, Tongkuk Collage, Chilkok 718-850, Korea

**Department of Food Science and Technology, Hyosung Catholic University, Hayang 712-702, Korea*

***Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Kyungsan 712-749, Korea*

ABSTRACT

To utilize deteriorated sweet persimmon effectively, response surface methodology(RSM) was used to determine the optimal vinegar fermentation conditions and monitored by a divided two stage fermentation. The optimum conditions for maximum alcohol content were obtained when the first stage (alcohol fermentation) was carried out with an initial sugar concentration of 18.5°Brix, agitation rate of 140.8 rpm, fermentation time of 127.6 hr. When sugar concentration was 14°Brix, maximum alcohol content(7.1%) was predicted at fermentation conditions of 160 rpm in agitation rate, 140 hr in fermentation time. The optimum conditions for maximum acidity were obtained when second stage(vinegar fermentation) was carried out 249.5 rpm in agitation rate, 148.8 hr in fermentation time. Predicted values at the optimum conditions were similar to experimental values.

Key words: persimmon vinegar, response surface, acetic acid fermentation, alcohol fermentation.

I. 서 론

감과실은 단감(*Diospyros kaki*, L.)과 떨은 감(*Diospyros kaki*, T.)으로 구분되며 다른 과실에 비

하여 시비나 농약의 사용이 적고 기호성이 높아 생 산과 소비가 매년 증가 추세에 있다¹⁾. 감과실은 다른 과실과는 달리 신맛이 없는 알칼리성 식품으로 풍부한 당질과 비타민 A와 C가 함유되어 있고 대장

본 연구는 1997년도 한국과학재단 산학협력연구과제 연구비 지원에 의하여 수행된 결과의 일부임.

의 수축과 분비액의 분비촉진에 효과적이며, 또한 기침, 지혈 등에도 효과적인 것으로 알려져 있다^{2,3)}. 그러나 이러한 기능적 특성에도 불구하고 다른 과실에 비하여 감과실은 가공이나 이용성이 제한되어 왔다. 현재 가공식품으로는 '곶감', 연시, 수정과, 건과, 감분말, 감식초 등이 제조되고 있으며⁴⁾, 최근에 감식초에 대한 소비자의 선호도가 높아져 감과실의 대량이용 및 가공을 가능하게 한다면 농가 소득증대에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 기호도가 높아 대부분 생과로 애용되고 있는 단감은 유통 및 저장 중에 연화현상과 수화시기의 기후조건에 따른 생리적 장애로 쉽게 품질이 저하되며, 상품성이 없는 불량과실은 생과로서 이용되기 어려움으로 단감 재배 농가에 많은 경제적 손실을 초래하고 있는 실정이다^{5,6)}.

최근 급격한 경제성장과 건강에 대한 인식전환으로 100% 과실만을 원료로 제조한 천연양조식초에 대한 관심이 높아지면서 재래적인 방법으로 제조된 감식초가 많이 시판되고 있다⁷⁾. 그러나 재래적인 방법으로 제조한 감식초는 장기간의 발효과정 중에 잡균의 오염으로 비위생적이고, 탄닌의 저해작용 등으로 수율 및 수득율이 낮고 변색, 침전 및 혼탁 현상이 발생되어 대량생산 및 유통에 많은 문제점 제기되고 있다^{8~11)}.

한편 최근에 식품가공 공정상의 최적 조건을 확립하기 위하여 반응표면분석법을 활용하여 식품의 이화학적 변화를 모니터링하고 그 특성을 최적화하고자 많이 응용되고 있으며, 특히 Darimsch와 Dietter¹²⁾는 초산발효조건을 시뮬레이션하여 수학적 모델을 확립하기도 하였다.

따라서 본 연구에서는 과잉출하 및 저온저장 중에 발생하는 상품화가 불가능한 단감을 효율적으로 활용하기 위해서 발효조건을 알콜발효와 초산발효 2

단계로 나누었으며, 반응표면분석방법으로 발효조건에 대한 영향을 모니터링하고 발효조건을 최적화하여 단감식초의 대량생산을 위한 기초 자료를 마련하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 단감은 1996년 11월 경남 진영군 일대에서 생산된 완숙된 단감(*Diospyros kaki*, L.)을 사용하였다.

2. 주모 및 종초

단감을 파쇄하여 착즙한 여액을 15 lb로 15분간 살균한 후 정 등¹³⁾이 감에서 분리한 *Saccharomyces cerevisiae* YJK 20을 접종하여 25°C, 150 rpm으로 38시간 배양하여 5%(w/v)의 배양액을 주모로 사용하였으며¹⁴⁾, 종초는 단감을 착즙한 여액으로 알콜발효를 수행하여 *Acetobacter* sp. PA 97을 접종하여 30°C의 shaking incubator에서 200rpm으로 72시간 배양하여 10%(v/v)를 종초로 사용하였다⁵⁾.

3. 실험계획

단감식초 제조조건에 따른 영향을 모니터링하고자 알콜발효와 초산발효 2단계로 나누어 중심합성 실험계획^{15,16)}에 따라 실험을 실시하였으며 반응표면분석을 위해서 SAS(statistical analysis system)를 이용하였다¹⁷⁾. 1단계로 알콜발효조건은 초기당도(X₁), 교반속도(X₂) 및 발효시간(X₃)이었으며, 이들 요인변수들은 -2, -1, 0, 1, 2로 5수준으로 부호화하였다(Table 1). 또 알콜발효의 품질특성에 관련된 반응변수(Y_n)로는 알콜 함량(Y₁), 잔당(Y₂) 및 산도(Y₃)로 하였고, 3개의 알콜발효조건

Table 1. Levels of alcohol fermentation conditions in experimental design

Xi	Fermentation conditions	Levels				
		-2	-1	0	1	2
X ₁	Initial sugar concentration(°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 in experimental design

Xi	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

이 5 수준을 갖도록 중심합성계획을 수립하고 16개의 설정된 조건으로 실험을 실시하였다. 이때 발효온도는 균주의 특성을 고려하여 25°C로 하였으며, 초기당도 조절은 설탕과 물로 조절하여 각각의 설정된 조건으로 3kg의 시료를 shaking incubator에서 발효하였다.

2단계로 초산발효는 1단계로 확립된 알콜발효조건에서 알콜발효 후 착즙하여 그 여액을 기질로 이용하였다. 초산발효조건은 교반속도(X₁), 발효시간(X₂)으로 설정하였으며, 이들 초산발효조건은 5수준으로 부호화하여 Table 2에 나타내었다. 또 초산발효의 품질특성에 관련된 반응변수(Y_n)는 산도(Y₁), 갈색도(Y₂)로 하였으며 10개의 설정된 조건으로 실험을 실시하였다. 이때 초기산도 및 배양온

도는 초산균의 특성을 고려하여 미리 배양된 밀초로 초기산도를 1.0%로 조절하여 30°C의 shaking incubator에서 설정된 각각의 조건으로 발효시킨 후 원심분리하여 상정액을 분석시료로 사용하였다.

4. 총 산

총산은 0.1 N NaOH 용액으로 중화적정하여 초산으로 환산하였다⁵⁾.

5. 알콜 함량 측정

알콜 함량 측정은 배양액을 원심분리한 후 상등액을 중류하여 alcohol hydrometer로 측정한 값을 Cay Lussac table로 환산하여 계산하였다⁵⁾.

Table 3. Experimental data for alcohol, brix and acidity under different conditions of fermentation time, initial brix and agitation rate for sweet persimmon wine

Exp No.	Fermentation conditions			Physicochemical properties		
	Initial sugar concentration (°Brix)	Agitation rate (rpm)	Fermentation time(hr)	Alcohol(%)	Residual sugar concentration (°Brix)	Acidity
1	12 (-1)	50 (-1)	72 (-1)	3.9	6.0	0.27
2	12 (-1)	50 (-1)	120 (-1)	5.5	4.8	0.41
3	12 (-1)	150 (-1)	72 (-1)	3.2	6.6	0.31
4	12 (-1)	150 (-1)	120 (-1)	6.0	3.8	0.62
5	18 (-1)	50 (-1)	72 (-1)	5.0	10.8	0.42
6	18 (-1)	50 (-1)	120 (-1)	7.1	8.2	0.48
7	18 (-1)	150 (-1)	72 (-1)	5.6	10.2	0.40
8	18 (-1)	150 (-1)	120 (-1)	7.5	7.6	0.52
9	15 (0)	100 (0)	96 (0)	5.5	7.6	0.67
10	15 (0)	100 (0)	96 (0)	5.0	8.4	0.65
11	21 (2)	100 (0)	96 (0)	5.9	12.8	0.84
12	9 (-2)	100 (0)	96 (0)	3.9	3.6	0.51
13	15 (0)	200 (2)	96 (0)	5.1	8.0	0.42
14	15 (0)	0 (-2)	96 (0)	5.3	7.2	0.24
15	15 (0)	100 (0)	144 (2)	6.4	6.8	0.65
16	15 (0)	100 (0)	48 (-2)	3.0	11.2	0.33

6. 갈색도

갈색도의 측정은 시료용액을 5배 회석하여 spectrophotometer를 사용하여 420nm에서 측정하였다^[14].

III. 결 과

1. 알콜 발효

저온저장 중에 발생하는 상품화가 불가능한 단감을 이용하여 단기간에 감식초를 제조하고 감식초 제조조건의 최적화를 목적으로 먼저 1단계로 중심합성 실험계획에 따라 조건별 단감 알콜발효액의 알콜 함량, 당도 및 산도를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 중심합성계획에 의해 설계된 실험조건으로 알콜을 발효하면서 알콜 함량에 대한 반응표면은 Fig. 1에 나타내었다. 알콜발효에 있어서 세 가지 요인변수인 원료감의 당도(9~21 °Brix), 교반속도(0~200rpm) 및 발효시간(48~144hr)에 따른 알콜 함량에 대한 반응표현 회귀식은 Table 4와 같으며, R^2 는 0.9203으로 유의성이 0.0110으로 5% 이내의 유의수준에서 인정되었다. 알콜 함량에 대한 발효조건의 영향은 발효시간의 영향을 주로 받고 있었으며, 교반속도와 감의 당도는 크게 영향을 미치지 않았다. 발효과정에서 알콜 함량은 시간이 경과함에 따라 크게 증가하였으며, 교반속도가 빠르고 당도가 높을수록 증가하는 경향을 나타내었다.

알콜발효액의 당도에 대한 반응표현은 Fig. 2에

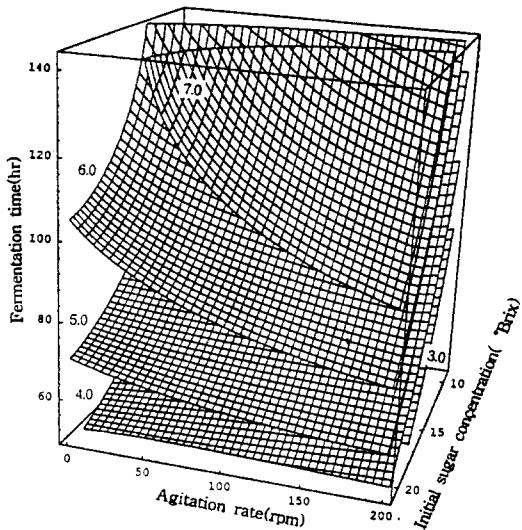


Fig. 1. Response surface for alcohol content in alcohol fermentation using sweet persimmon-fruits at constant values(alcohol content : 3.0-4.0-0.5-0.6-0.7) as a function of initial sugar concentration(°Brix) of persimmon fruits, agitation rate and fermentation time.

나타내었다. 알콜발효조건에 따른 당도에 대한 반응표면 회귀식은 Table 4에서와 같이 R^2 는 0.9496로 1% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 알콜발효액의 잔당은 초기당도에 의한 영향을 주로 받았으며, 초기당도가 높을수록 잔당의 함량이 높았다. 그러나 교반속도와 시간은 당도의 변화에 별

Table 4. Polynomial equations calculated by RSM program for alcohol fermentation of sweet persimmon fruits

Response	Polynomial equation	R^2	Significance
Alcohol	$Y_1 = -4.41875 + 0.472917X_1 - 0.023125X_2 + 0.081510X_3 - 0.009722X_1^2 + 0.000917X_1X_2 - 0.0000050X_2^2 - 0.000521X_1X_3 + 0.000115X_2X_3 - 0.000239X_3^2$	0.9203	0.0110
Residual sugar concentration (°Brix)	$Y_2 = 0.6500 + 0.808333X_1 + 0.03400X_2 - 0.082292X_3 + 0.005556X_1^2 - 0.000667X_1X_2 - 0.0000400X_2^2 - 0.002083X_1X_3 - 0.000167X_2X_3 + 0.000434X_3^2$	0.9465	0.0036
Acidity	$Y_3 = -1.711875 + 0.069762X_1 + 0.007963X_2 + 0.022109X_3 + 0.000417X_1^2 - 0.000192X_1X_2 - 0.00003300X_2^2 - 0.000469X_1X_3 + 0.00023958X_2X_3 - 0.000073785X_3^2$	0.8482	0.0617

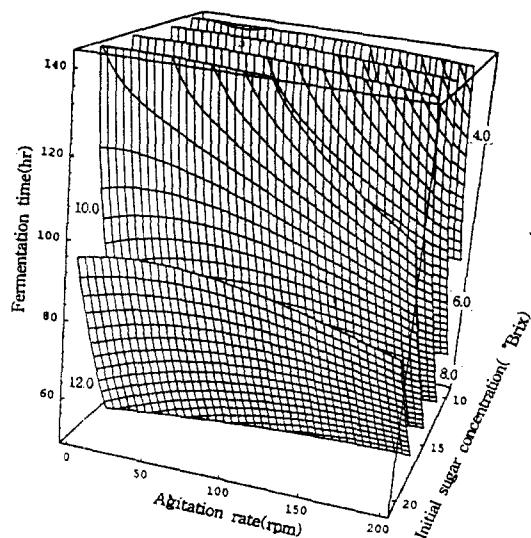


Fig. 2. Response surface for residual sugar concentration ($^{\circ}$ Brix) in alcohol fermentation using sweet persimmon fruits at constant values (sugar concentration: 4.0-6.0-8.0-10.0-12.0 $^{\circ}$ Brix) as a function of initial sugar concentration ($^{\circ}$ Brix) of persimmon fruits, agitation rate and fermentation time.

다른 영향을 미치지 않았다.

그리고 알콜발효 중 변화의 기준이 되는 산도 변화에 대한 반응표면은 Fig. 3에 나타내었으며, 발효 조건에 따른 알콜발효액의 산도변화에 대한 반응표면 회귀식은 Table 4와 같다. 산도 변화에 대한 R^2 는 0.8482로 10% 이내의 유의수준에서 유의성이 있

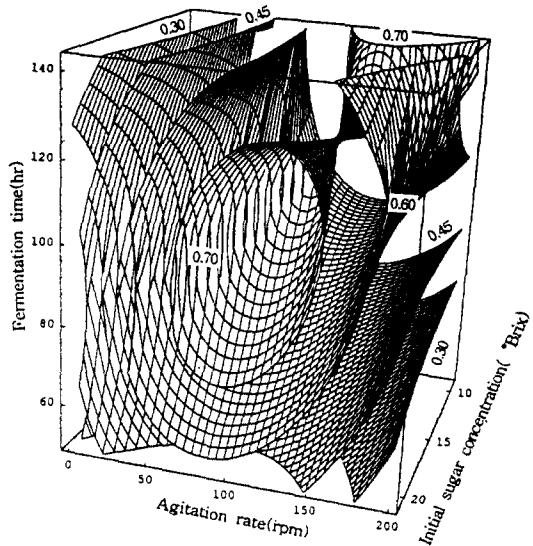


Fig. 3. Response surface for acidity in alcohol fermentation using sweet persimmon fruits at constant values (acidity : 0.30-0.45-0.60-0.70) as a function of initial sugar concentration ($^{\circ}$ Brix) of persimmon fruits, agitation rate and fermentation time.

정되었다. 알콜발효 중 산도는 큰 변화가 없었으나, 발효 중 교반속도와 시간의 영향은 다소 나타났으며 초기 당도는 거의 영향을 미치지 않았다. 발효초기 단계인 10 hr 이전에는 발효시간이 경과함에 따라 산도가 증가하였으며, 교반속도 100~160 rpm 및 발효시간 100 hr 이상에서도 산도가 비교적 높게 나타났다. 그러나 교반속도 160 rpm 이상 및 발효시

Table 5. Predicted levels for physicochemical characteristics of sweet persimmon wine yielding optimum responses by analysis of ridge

Fermentation conditions	Levels for maximum responses		
	Alcohol	Residual sugar concentration	Acidity
Initial sugar concentration ($^{\circ}$ Brix)	18.51	19.66	20.99
Agitation rate(rpm)	140.77	102.70	96.07
Fermentation time(hr)	127.63	65.77	97.95
Predicted value	7.43	13.06	0.73
Experimental value	7.04	13.65	0.72
Morphology	S.P.*	S.P.	S.P.

*S.P. : Sadle point

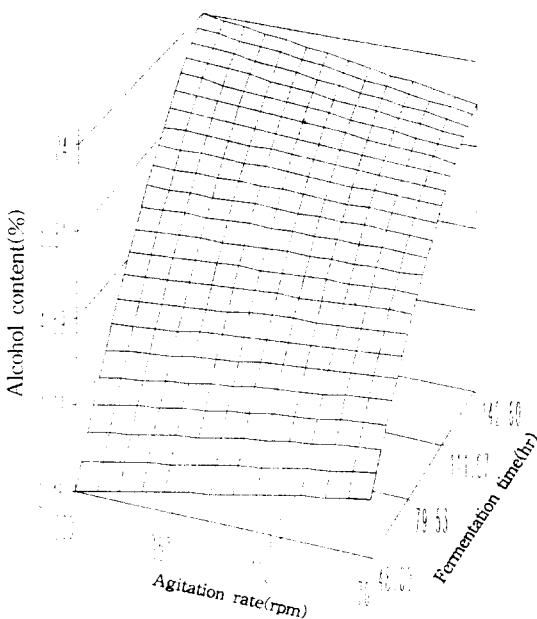


Fig. 4. Response surface for alcohol content in alcohol fermentation using 14°Brix sweet persimmon fruits at constant values (alcohol content : 2.339-3.890-4.635-5.380-6.125-6.870%) as a function of agitation rate and fermentation time.

간 120hr 이상에서는 산도가 다시 줄어들어 알콜함량이 가장 많이 생성되는 조건에서는 산도가 크게 높지 않음을 알 수 있었다.

단감을 이용하여 알콜발효액의 알콜수율, 당도 및 산도를 바탕으로 각각의 최적조건을 구하고자 능선분석을 행하여 본 결과, Table 5와 같이 알콜수율에 대한 최대치는 초기 당도 18.5°Brix, 교반속도 140.8rpm 및 발효시간 127.6hr로 나타났으며, 발효액의 잔당 함량이 가장 높은 값은 초기당도 19.7°Brix, 102.7rpm 및 65.8hr이고, 산도가 가장 높은 값은 초기당도 21.0°Brix, 96.1rpm 및 98.0hr로 나타났다.

이상의 결과로 볼 때 알콜발효는 알콜함량이 높고 산폐의 위험이 낮은 알콜발효조건(초기 당도 20°Brix 이상, 교반속도 160rpm 이상 및 발효시간 120hr 이상)이 가장 적당하다고 생각된다. 그러나 단감과실의 당도가 14°Brix 정도임을 감안하여 제

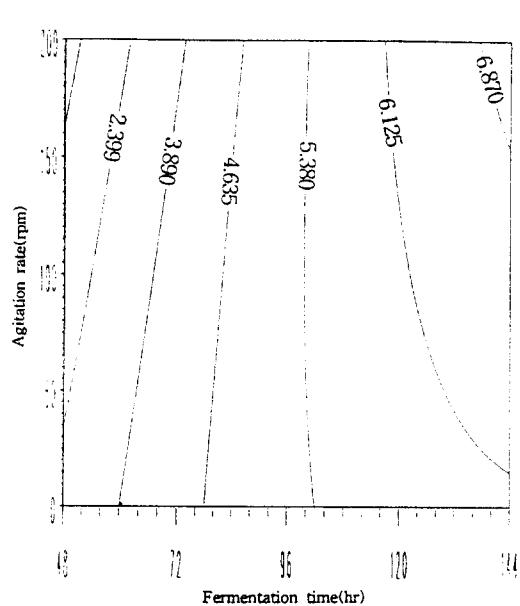


Fig. 5. Contour map for alcohol content in alcohol fermentation using 14°Brix sweet persimmon fruits at constant values (alcohol content : 2.339-3.890-4.635-5.380-6.125-6.870%) as a function of agitation rate and fermentation time.

한 조건으로 초기 당도를 14°Brix로 정한 후 최적조건을 예측하여 본 결과는 Fig. 4, 5에 나타내었다. 제한 조건에서 알콜발효는 교반속도에 따른 영향은 거의 받지 않으나 발효시간이 경과함에 따라 증가하여 발효시간 140hr 및 160rpm에서 알콜함량이 가장 높게 나타났다. 이와 같은 예측결과에 대한 모델식의 신뢰성을 확인하기 위하여 예측된 최적조건으로 알콜발효를 수행하여 알콜함량을 측정하여 본 결과 Table 5에서 예측된 알콜의 수율은 최적조건에서 실제 발효를 행한 결과와 유사하였다.

2. 초산 발효

알콜발효에서 단감의 당도 14°Brix를 제한 조건으로 설정한 후 알콜발효 수율이 가장 높은 최적조건인 발효시간 140hr 및 교반속도 160rpm에서 알콜을 발효시킨 후 초기산도를 1%로 조절하여 설정된 조건으로 초기발효를 행하였다. 중심합성 실험계획

Table 6. Experimental data for acidity and browning color under different acetic acid conditions of fermentation time and agitation rate for sweet persimmon vinegar

Exp No.	Fermentation conditions		Physicochemical properties	
	Agitation rate (rpm)	Fermentation time (hr)	Acidity	Browning color (OD)
1	200 (-1)	120 (-1)	5.22	0.337
2	200 (-1)	168 (-1)	6.54	0.396
3	100 (-1)	120 (-1)	3.90	0.169
4	100 (-1)	168 (-1)	5.04	0.311
5	150 (0)	144 (0)	3.42	0.158
6	150 (0)	144 (0)	5.28	0.159
7	250 (2)	144 (0)	7.35	0.140
8	50 (-2)	144 (0)	4.95	0.151
9	150 (0)	192 (2)	3.51	0.237
10	150 (0)	96 (-2)	3.22	0.135

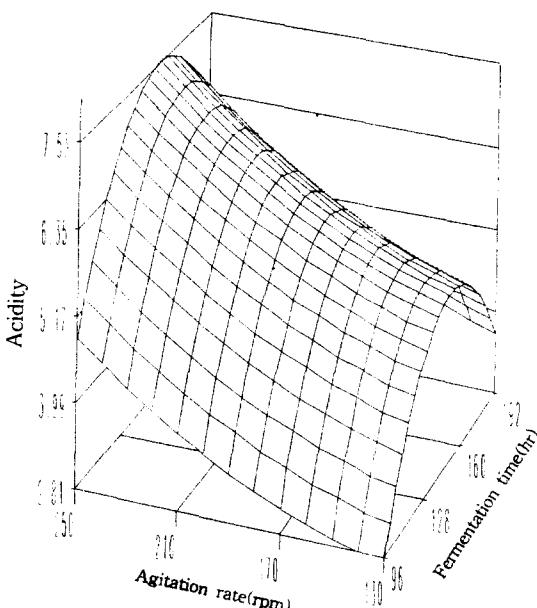


Fig. 6. Response surface for acidity in acetic acid fermentation using sweet persimmon wine by optimum alcohol fermentation conditions (14° Brix, 160rpm and 14hr) at constant values(acidity:3.559-4.304-5.794-6.539-7.284) as a function of agitation rate and fermentation time.

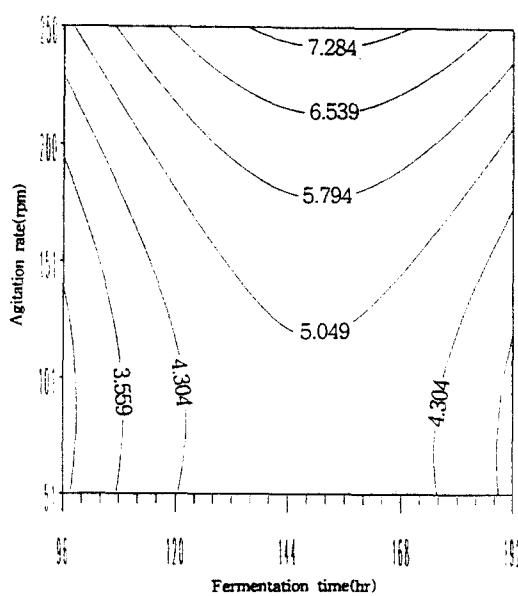


Fig. 7. Contour map for acidity in acetic acid fermentation using sweet persimmon wine by optimum alcohol fermentation condition(14° Brix, 160rpm and 140hr) at constant values (acidity:3.559-4.304-5.049-5.794-6.539=7.284) as a function of agitation rate and fermentation time.

에 의하여 두 가지 요인변수인 교반속도(50~250rpm) 및 발효시간(96~192hr)에 따른 여러 조건에서 얻은 단감식초의 산도 및 갈색도를 분석한 결과는

Table 6과 같다. 식초의 산도에 대한 반응표면 회귀식은 Table 7과 같으며, R^2 는 0.9392로 높게 나타났으며, 유의성은 0.0152로 5% 이내의 유의수준에서

Table 7. Polynomial equations calculated by RSM program for acetic acid fermentation of sweet persimmon wine

Response	Polynomial equation	R ²	Significance
Acidity	$Y_1 = -12.623661 - 0.018618X_1 + 0.245064X_2 + 0.000086393X_1^2 + 0.0000375X_1X_2 - 0.000834X_2^2$	0.9392	0.0152
Browning color	$Y_2 = 1.04226 + 0.00286X_1 - 0.00549X_2 + 0.000011X_1^2 - 0.000034X_1X_2 + 0.00028X_2^2$	0.7132	0.2625

Table 8. Predicted levels for physicochemical characteristics of sweet persimmon vinegar yielding optimum responses by analysis of ridge

Fermentation conditions	Levels for maximum responses	
	Acidity	Browning color
Agitation rate(rpm)	249.50	248.02
Fermentation time(hr)	148.80	153.31
Predicted value	7.51	0.4417
Experimental vlaue	6.81	0.4423
Morphology	S.P.*	S.P.*

인정되었다. 산도에 대한 발효조건의 영향은 Fig. 6, 7에서와 같이 교반속도 151rpm 이하에서는 발효시간의 영향을 주로 받고 있었으나, 그 이상에서는 교반속도의 영향을 더 크게 받았다. 식초의 산도는 교반속도가 증가하고 발효시간이 경과할수록 증가하였으나 150hr 이상에서는 다시 감소하는 경향이 있다. 발효시간 150hr에서는 교반속도가 증가함에 따라 산도가 증가하는 경향으로 나타났다. 초산발효의 최적조건은 반응표면의 능선분석에 의하여 구해 본 결과 Table 8과 같이 249.5rpm에서 148.8hr 발효하였을 때에 산도가 가장 높게 나타났다. 최적조건에서 예측된 초산의 수율은 최적조건에서 실제 발효를 행한 결과 유사하게 나타났다(Table 8). 이와 같이 반응표면분석으로 단감식초 제조조건을 알콜발효 및 초산발효 2단계로 구분하여 발효조건을 최적화하고 발효조건에 따른 주요 성분의 변화를 모니터링 할 수 있었다.

IV. 요 약

과잉출하 및 저온저장 중에 발생하는 불량 단감을 효율적으로 활용하기 위하여 단감식초 최적 제조조건을 설정하였다. 단기간에 일정한 품질로 대량 생산이 가능한 발효조건을 확립하기 위하여 반응표면분석으로 식초 제조조건을 알콜발효와 초산발효 2단계로 구분하여 모니터링하였다.

그 결과 초산발효의 첫 번째 단계(알콜발효)의 알콜 함량에 대한 최대치를 나타내는 조건은 초기당도 18.5 °Brix, 교반속도 140.8rpm, 발효시간 127.6hr로 나타났다. 그러나 단감의 당도가 14 °Brix 정도임을 감안하여 제한조건으로 초기당도를 14 °Brix로 설정한 후 최적조건을 예측하여 본 결과 교반속도 160rpm, 발효시간 140hr에서 알콜수율이 7.1%로 나타났다. 이와 같이 설정된 알콜발효 최적조건으로 알콜발효를 행한 후 두 번째 단계의 초산발효 조건을 예측한 결과 초산수율에 대한 최대치를 나타내는 조건은 교반속도 249.5rpm, 발효시간 148.8hr로 나타났다. 최적조건에서 예측된 알콜 및 초산의 수율은 최적조건에서 실제 발효를 행한 결과와 유사하였다.

V. 참고문현

1. 농림수산통계년보: 농림수산부, 1993.
2. Shinji, F. and Hiroshi, H.: Hypotensive principles of *Diospyros kaki* Leaves, Chem, Pharm, Bull., 27(11): 2865, 1979.
3. Nakanc, S.: Food useful for preventing alcohol intoxication-containing persimmon-vinegar and optimum juice, with blood al-

- cohol concentration reducing action, Japan, patent, 63(141): 562, 1988.
4. 원예연구소 보고서: 감 선도유지 저장 및 가공 이용 확대방안 연구, 농촌진흥청, 제3차년도 완 결보고서, 1994.
 5. 정용진, 신승렬, 강미정, 서지형, 원충연, 김광수 : 불량 단감을 이용한 감식초의 제조와 품질 평가, 동아시아식생활학회지, 6(2): 221, 1996.
 6. 홍정화, 이기민, 허성호: 저온저장 중 품질이 저하된 단감을 이용한 식초의 제조, 한국식품영양 과학회지, 25(1): 123, 1996.
 7. 최신양, 구영조, 이명기: 감식초 음료 개발에 관한 연구, 한국식품개발연구원 보고서 1995.
 8. 우강용, 이수학: 곶감주 개발에 관한 연구, 학국 식품과학회지, 26(3): 204, 1994.
 9. 우강용: 곶감주 개발에 관한 연구, 한국음식문화연구원 논문집, p. 287 1993.
 10. 손태화, 성종환: 감과실의 탄닌물질의 생성 및 탈삼기작에 관한 연구, 한국식품과학회지, 13 (4): 23, 1981.
 11. Nakabayashi, T.: Studies on tannins of fruits and vegetables, Part IV. Deproteinizing activity of tannins. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 15(11): 502, 1968.
 12. Darimsch, H. and Dieter, V.: Measurment, control, and modeling of submerged acetic acid fermentation, J. Ferment. Bioeg., 73(1) : 26, 1992.
 13. 정용진, 서권일, 신승렬, 서지형, 강미정, 김광수 : 감과실 알콜발효를 위한 효모의 분리, 동아시아식생활학회지, 7(4): 538, 1997.
 14. 정용진, 서권일, 김광수: 시판 및 속성 감식초의 이화학적 특성, 동아시아식생활학회지 6(3): 355, 1996.
 15. 이기동, 김정숙, 권중호: 반응표면분석에 의한 Maillard 반응기질의 동적 변화 모니터링, 한국식품과학회지, 28(2): 212, 1996.
 16. Floros, J. D. and Chinnan, M. S.: Optimization of pimento pepper lyepeeling process using response surface methodology, Trans. of Asae., 30(2): 560, 1987.
 17. SAS, SAS /STAT User's Guide Version 6. Fourth Edition, vol. 2, SAS Institute Inc., p. 1457, 1990.