

Monitoring of the Optimum Conditions for the Fermentation of Onion Wine

In-Hag Choi¹, Deokjo Jo², and Gee-Dong Lee^{3*}

¹Department of Companion Animal and Animal Resources Science, Joongbu University, Geumsan 312-702, Korea

²School of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

³Department of Food Science and Biotechnology, Joongbu University, Geumsan 312-702, Korea

양파주의 최적 발효조건 모니터링

최인학¹ · 조덕조² · 이기동^{3*}

¹중부대학교 애완동물자원학과, ²경북대학교 식품공학과, ³중부대학교 식품생명과학과

Abstract

Central composite design along with response surface methodology (RSM) was applied to improve the fermentation process in onion (*Allium cepa*) wine production. The effects of different fermentation parameters (time, temperature, and initial sugar content) were found to be significant with respect to the physicochemical and sensory properties of wine. The maximum score for the alcoholic content was obtained at 29.27°C fermentation temperature, 103.43 h fermentation time, and 27.52 °Brix initial sugar content. The maximum score for overall palatability was obtained at 39.27°C fermentation temperature, 57.28 h fermentation time, and 22.14 °Brix initial sugar content. The coefficients of determination (R^2) were 0.9620 and 0.9060 for alcoholic content and overall palatability, respectively. The ranges of the optimum fermentation conditions (28~32°C, 80~90 hr, and 20~25 °Brix) were obtained by superimposing the response surfaces with regard to the alcoholic content and overall palatability of onion wine.

Key words : Response surface methodology, onion wine, fermentation, monitoring, optimization

서 론

양파는 우리나라 남부지역을 중심으로 많이 재배되고 있으나 수확기가 우기와 겹쳐 있어 비에 젖은 상태로 수확되거나 높은 수분함량으로 인하여 저장성이 낮아 양파의 저장 및 가공방법에 대한 많은 연구가 요구되고 있다. 특히, 6, 7월에 전체 양파의 60% 이상이 출하되어 가격의 변동이 심하고, 과잉 생산 시 이에 대한 소비대책이 큰 문제점으로 대두되고 있다. 과잉 생산된 양파의 수급조절을 위해 양파를 소비할 수 있는 방법으로 양파술을 개발하고자 하는 지자체가 많아지고 있으며, 일부 지역에서는 지역의 특산 주로서 양파주를 개발하여 관광 상품화하고자 노력하고 있다. 그러나 양파에는 양파 특유의 향기 성분인 allyl disulfide, diallyl disulfide, allyl propyl disulfide 등(1,2) 각종

유기 황화합물과 quercetin, rutin 등의 flavonoid계 색소 성분을 포함하여 그 항균작용(3)으로 인하여 미생물의 생육을 억제하는 것으로 알려져 있어 알콜 함량이 높고 관능적으로 우수한 발효주를 개발하는데 어려움을 겪고 있다.

그러나 양파에는 이러한 황 함유 화합물, flavonoids 화합물, phenol계 화합물 등이 풍부하여 항산화 및 항노화 작용(3,4), 항암작용(5), 콜레스테롤 저하(6), 혈액순환 증가(7,8) 등의 효과를 가지고 있어 건강주로의 관심이 점점 더 높아지고 있다.

이와 같은 양파의 우수한 기능성으로 인해 양파발효에 대한 연구는 일부 진행되어 왔다. Choi 등(9)은 양파에 대한 부정적인 이미지를 줄이고 기능성을 최대한 부각시킨 기능성 음료를 만들고자 기능성 발효 양파음료를 연구하여 그 기능성을 제시한 바 있으며, Shin 등(10)은 양파를 이용하여 알콜 발효와 초산 발효 2단 발효를 통해 양파식초의 성분 변화를 조사하여 보고한 바 있다. 그리고 Kim 등(11)은 동치미에 양파를 첨가하여 동치미의 숙성 중 품질변화를 조사하

*Corresponding author. E-mail : geedlee@jbm.ac.kr
Phone : 82-41-750-6291, Fax : 82-41-750-6160

여 양파 첨가군에서 젖산균 수가 상대적으로 증가한다고 보고하였으며, Park 등(12)은 홍삼을 첨가한 양파즙의 유산 발효를 통해 건강식 유산발효제품을 개발하고자 하였다. 또한 Yi 등(13)과 Cho 등(14)은 양파가 김치의 발효에 미치는 영향을 조사하여 양파의 첨가가 젖산 함량을 감소시키며, 많은 량의 양파를 첨가할 경우 관능적으로 맛이 더 좋아졌다고 하였다.

한편 Lim 등(15)은 양파의 마이크로웨이브 추출조건을 반응표면분석을 통해 모니터링 함으로서 전자공여능, SOD 유사활성 등을 조사하여 양파추출물의 우수성을 보고하였고, Lee 등(16)은 딸기 알콜발효 특성을 모니터링하고 최적 발효조건을 설정하여 반응표면분석의 이용 가능성을 제시하였다. 또한 Jeong 등(17)은 수확 시 손상되거나 중량이 80g 이하의 상품성이 없는 감자를 이용하여 알콜 발효시키고자 액화 당화조건을 설정하고, Lee 등(18)이 감자당화액을 이용하여 알콜 및 초산 발효특성을 모니터링하고 최적 발효조건을 설정하여 보고하였다. Lee 등(19)은 3차원 반응표면분석을 적용하여 참외의 알콜 및 초산 발효 특성을 모니터링하였다. 이와 같이 반응표면분석을 통해 각종 발효특성을 모니터링하거나 최적 조건을 설정하는 연구가 많이 진행되어 왔다.

따라서 본 연구는 양파의 알콜발효 중 품질 특성을 모니터링하고 발효조건을 최적화함으로써 우수한 양파주의 개

발 가능성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 양파(*Allium cepa* L.)는 경남 창녕에서 가장 많이 재배되는 품종(터보)으로 6월에 수확된 것(평균 수분함량, 88.94%)을 구입하여 뿌리 부분을 제거한 후 세척하여 시료로 사용하였다.

주모 준비

양파 1 kg에 증류수 1 L를 혼합한 후 당도가 5 °Brix가 될 때까지 가열 및 착즙하고 sucrose (CJ Cheiljedang Ltd.)로 25 °Brix까지 보당하여 121°C에서 15 min간 살균하였다. 여기에 *Saccharomyces kluyveri* DJ 97을 접종 및 배양(28°C, 50 rpm, 48 hr)하여 주모로 사용하였다.

양파 발효주 제조

양파 2 kg에 물 2 L를 혼합한 후 당도가 5 °Brix가 될 때까지 가열 및 착즙하고 sucrose로 일정 Brix까지 보당하여 살균(121°C, 15 min)하였다. 여기에 주모 5%(v/v)를 접종하여 50 rpm으로 발효하였다.

Table 1. Fermentation conditions and experimental data on chemical and sensory properties in onion wine under different fermentation conditions based on central composite design for response surface analysis

Exp. No ¹⁾	Fermentation conditions			Chemical properties				Sensory properties			
	Temp. (°C)	Time (hr)	Sugar (°Brix)	Residual sugar content (°Brix)	Alcoholic content (%)	pH	Acidity (%)	Color	Flavor	Taste	Overall palatability
1	25	48	15	6.41	6.8	3.49	0.27	5.25	5.38	4.50	4.63
2	25	48	25	13.42	6.2	3.66	0.28	6.00	6.13	4.38	5.25
3	25	96	15	6.22	6.0	3.55	0.27	5.75	6.13	4.38	5.50
4	25	96	25	10.23	12.0	3.56	0.35	6.38	5.25	5.75	6.13
5	35	48	15	5.81	8.4	3.59	0.30	5.50	5.25	5.38	6.00
6	35	48	25	16.20	9.0	3.60	0.28	5.25	6.25	6.00	6.25
7	35	96	15	5.02	8.6	3.71	0.29	6.75	6.00	5.88	5.88
8	35	96	25	11.21	10.8	3.62	0.32	6.25	6.88	6.25	6.38
9	30	72	20	7.23	14.0	3.58	0.33	6.50	6.25	6.13	6.13
10	30	72	20	7.08	13.9	3.57	0.33	6.75	6.38	6.00	6.13
11	20	72	20	13.56	4.0	3.56	0.23	6.25	4.75	5.88	5.63
12	40	72	20	14.11	4.2	3.70	0.30	6.88	5.75	5.88	6.38
13	30	24	20	14.29	6.6	3.70	0.24	6.00	6.00	5.00	5.50
14	30	120	20	6.83	10.2	3.72	0.29	6.50	7.00	5.13	5.63
15	30	72	10	3.24	6.2	3.56	0.31	6.75	6.25	4.75	5.25
16	30	72	30	16.24	11.4	3.54	0.36	5.38	6.25	5.75	6.38

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design.

양파주 발효조건 설정을 위한 실험계획

반응표면분석법을 이용하여 최적의 발효조건 예측과 각 조건에 따른 제품의 품질 특성을 모니터링 하였다. 중심합성계획(20)에 의한 독립변수(X_i)는 발효에서 중요한 변수로 고려되는 발효온도(X_1), 발효시간(X_2) 및 초기 당도(X_3)를 5단계로 부호화하였다(Table 1). 이들 요인변수에 의해 영향을 받는 종속변수(Y_n), 즉 발효주의 잔류당 함량(Y_1), 알콜 함량(Y_2), pH(Y_3), 산도(Y_4), 관능적 색상(Y_5), 관능적 향(Y_6), 관능적 맛(Y_7) 및 전반적인 기호도(Y_8)로 하였으며, 독립변수는 중심합성계획에 따라 16구로 설정하여 실험을 3회 반복 측정하여 그 평균값을 회귀분석에 사용하였다. 반응표면 회귀분석을 위해서는 SAS(statistical analysis system) program을 사용하였으며(21), 변수들의 특성과 그에 상응하는 최적 추출조건은 Mathematica program을 이용하여 4차원 반응표면으로 나타내었다(22).

pH, 당도, 산도 및 알콜 측정

pH는 pH meter (Orion 520, Thermo Electron Co., Beverly, USA)를 사용하여 측정하였고, 잔류당의 당도는 디지털굴절계(RX-5000a, Atago Co, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 산도는 0.1N NaOH 용액으로 중화 적정하여 초산 함량으로 환산하였다(23).

알콜 함량은 발효액을 8,000 rpm에서 15 min간 원심분리한 후 상등액을 100 mL 취하여 증류한 후 alcohol hydrometer로 측정한 값을 Gay Lussac Table로 환산하여 계산하였다(18).

관능검사

양파 발효주의 관능적 품질평가는 연구원을 대상으로 시료에 대한 충분한 지식과 용어, 평가기준 등을 숙지시킨 후 동일한 시료를 5회 반복하여 관능검사를 행한 후 F-검정으로 차이식별 능력이 우수한 16명을 선발하여 관능검사를 실시하였다. 관능평가는 양파 발효주를 마시면서 9점 채점법(24)으로 검사하였으며, 9점 “매우 좋다”, 1점 “매우 나쁘다”로 나타내었다. 관능검사는 한 번에 3종류의 시료를 제시하여 균형 불완전블록계획법(25)으로 색상, 향, 맛 및 전반적인 기호도에 대하여 실시하였다.

결과 및 고찰

잔류당 함량

양파주의 발효 중 잔류당 함량의 변화를 관찰함으로써 발효 진행 정도와 잔류당의 변화를 모니터링 하였다. 중심합성계획에 의한 각 발효 조건에 따른 양파 발효주의 당 함량 변화는 Table 1에 나타내었고, 양파주 발효 중 당 함량은 3.24~16.24 °Brix로 넓은 범위의 값을 나타내어 발효온

도, 발효시간 및 초기 당도에 따라 큰 차이를 나타내었다. 반응표면 회귀분석 결과에 대한 회귀식은 Table 2와 같으며, 회귀식의 R^2 는 0.9766으로 1% 이내에서 유의성이 인정되었다. 반응표면분석에서 예측된 당 함량의 정상점은 최소점을 나타내었고, 온도 31.49°C, 시간 70.04 hr 및 초기 당도 10.12 °Brix의 조건에서 최소값은 2.34 °Brix로 예측되었으나 온도 35.05°C, 시간 48.13 hr 및 초기 당도 27.06 °Brix의 조건에서 최대값은 19.45 °Brix로 예측(Table 2)되어 초기 당이 많아 잔당이 많이 남았음을 보여주었다. 발효 중 당 함량의 변화에는 발효온도와 시간뿐 아니라 초기 당의 영향이 모두 높게 나타났으며, 4차원 반응표면에서 볼 때 초기 당도가 높을수록 발효주의 잔류 당 함량이 증가하는 것으로 나타났으며, 최소점인 온도 31.49°C까지는 온도가 증가할수록 잔류 당 함량이 급격히 감소하는 것으로 나타났다.

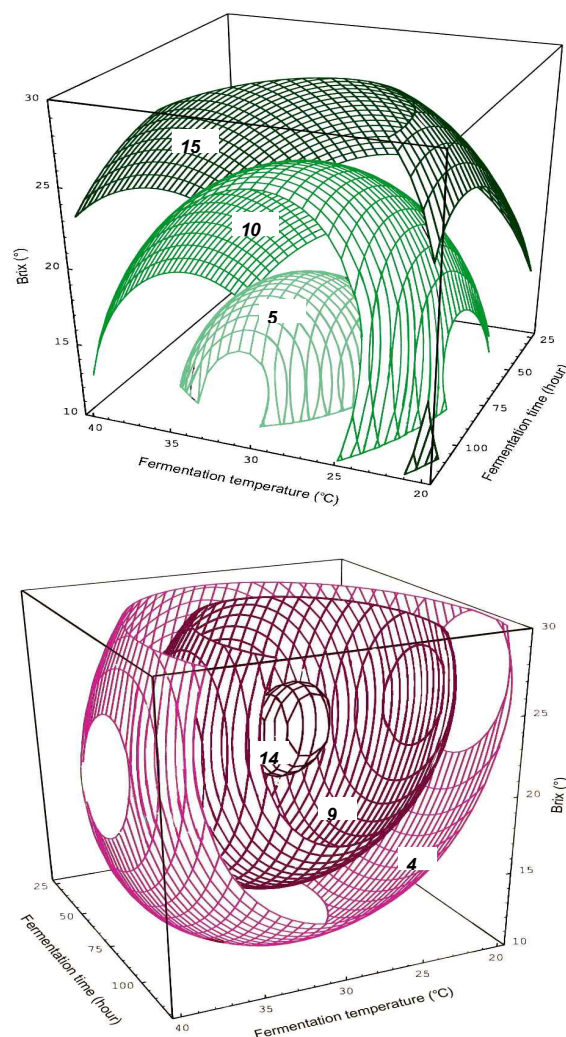


Fig. 1. Response surfaces at constant values (Residual sugar content: 5-10-15 °Brix (top) and alcohol content: 4-9-14% (down)) as a function of fermentation temperature, fermentation time and fermentation start brix in fermentation of onion wine.

Table 2. Polynomial equations calculated by RSM program for the fermentation condition of onion wine

Responses	Second order polynomials	R ²	P-value
Residual sugar content	$Y_1 = 75.220000 - 4.345750X_1 - 0.050521X_2 - 0.658000X_3 + 0.066800X_1^2 - 0.002500X_1X_2 + 0.001478X_2^2 + 0.027800X_1X_3 - 0.007500X_2X_3 + 0.025850X_3^2$	0.9766	p<0.01
Alcoholic content	$Y_2 = -119.843750 + 6.472500X_1 + 0.306771X_2 + 2.067500X_3 - 0.098500X_1^2 - 0.003125X_1X_2 - 0.002409X_2^2 - 0.013000X_1X_3 + 0.008542X_2X_3 - 0.051500X_3^2$	0.9620	p<0.01
pH	$Y_3 = 3.255625 - 0.013750X_1 - 0.008281X_2 + 0.069250X_3 + 0.000550X_1^2 + 0.000187X_1X_2 + 0.000058594X_2^2 - 0.001300X_1X_3 - 0.000271X_2X_3 - 0.000250X_3^2$	0.9544	p<0.01
Acidity	$Y_4 = -0.680625 + 0.052000X_1 + 0.003333X_2 + 0.003500X_3 - 0.000650X_1^2 - 0.000041667X_1X_2 - 0.000028212X_2^2 - 0.000400X_1X_3 + 0.000125X_2X_3 + 0.000050X_3^2$	0.9485	p<0.01
Sensory color	$Y_5 = -0.680625 + 0.052000X_1 + 0.003333X_2 + 0.003500X_3 - 0.000650X_1^2 - 0.000041667X_1X_2 - 0.000028212X_2^2 - 0.000400X_1X_3 + 0.000125X_2X_3 + 0.000050X_3^2$	0.8999	p<0.05
Sensory flavor	$Y_6 = 1.248125 + 0.368375X_1 - 0.013828X_2 - 0.122375X_3 - 0.010650X_1^2 + 0.001573X_1X_2 + 0.000080295X_2^2 + 0.010050X_1X_3 - 0.001823X_2X_3 - 0.000650X_3^2$	0.8778	p<0.05
Sensory taste	$Y_7 = -8.379375 + 0.449875X_1 + 0.051016X_2 + 0.413625X_3 - 0.005300X_1^2 + 0.000031250X_1X_2 - 0.000508X_2^2 - 0.003950X_1X_3 + 0.001323X_2X_3 - 0.008150X_3^2$	0.9385	p<0.01
Overall palatability	$Y_8 = -5.745625 + 0.311750X_1 + 0.089531X_2 + 0.234750X_3 - 0.001250X_1^2 - 0.001813X_1X_2 - 0.000245X_2^2 - 0.002500X_1X_3 + 0.000271X_2X_3 - 0.003150X_3^2$	0.9060	p<0.05

¹⁾X₁: fermentation temperature (°C), X₂: fermentation time (hr), X₃: Initial sugar content (°Brix)

그러나 발효시간의 변화에 따른 잔류당 함량의 변화는 거의 없었으며, 초기 당이 적을 경우에는 잔류당이 급격히 감소하여 당이 소진되었으나 초기당 함량이 많을 경우에는 당이 많이 잔류하는 경향을 나타내어(Fig. 1) 초기 당 함량이 많을 경우에는 발효시간이 더 필요로 함을 알 수 있었다.

알콜 함량

각 조건별 양과 발효주의 알콜 함량을 분석한 결과 4-14% 까지 넓은 분포를 하였으며, 분석결과(Table 1)를 바탕으로 회귀분석 하였다. 알콜 함량에 대한 회귀식의 R²가 0.9620으로 1% 이내에서 유의성이 인정되었으며(Table 2), 예측된 정상점은 최대점으로 Table 3과 같이 발효온도 29.27°C, 발효시간 103.43 hr 및 초기 당도 27.52 °Brix 조건에서 알콜 함량 최대값 13.45%로 예측되었다. Shin 등(10)은 15 °Brix 까지 농축한 시료와 당으로 15 °Brix까지 보당한 시료의 알콜 발효에서 60일 경과했을 때에는 각각 알콜 함량 6%와 7.8%를 얻을 수 있었다고 보고하여 일반 약주의 알콜 함량이 나오지 않았다. 또한 Lee 등(16)은 반응표면분석에 의한 딸기 알콜 발효 최적 조건에서 알콜 함량이 9.22%로 상대적으로 높게 나타났다고 보고하였다. 발효 중 알콜의 변화에는 발효온도, 발효시간 및 초기 당도 모두 1% 이내에서 유의성이 인정되었으며, 4차원 반응표면에서 볼 때 최대점까지는 발효온도 29.27°C에서 초기 당 함량과 발효시간이 경과할수록 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 1). 이러한 경향은 초기 당함량의 영향을 받아 초기 당이 줄어드는 경향과 알콜 함량이 늘어나는 경향이 반드시 일치하지 않았지만, 초기 당 함량이 27.52 °Brix로 맞추어 발효를 할 경우 높은 알콜의 발효주를 만들 수 있음을 확인할 수 있었다.

pH 및 산도

전통술의 발효는 알콜 발효가 주를 이루고 젖산균 등에 의한 산미의 형성으로 술의 익은 맛을 더해주지만 지나친 산미는 술맛을 떨어뜨린다. 중심합성계획에 의한 각 발효 조건에 따른 양과 발효주의 pH 및 산도는 각각 3.49~3.72, 0.23~0.36%로 나타났으며, 실험구간 간 큰 차이를 나타내지 않았다(Table 1). pH 및 산도의 반응표면 회귀분석 결과에 대한 회귀식은 Table 2와 같으며, 회귀식의 R²는 각 0.9544, 0.9485로 모두 1% 이내에서 유의성이 인정되었다. 반응표면분석에서 예측된 pH 및 산도의 정상점은 안장점을 나타내었고, pH에 대한 최소점은 온도 24.43°C, 시간 64.10 hr 및 초기 당도 11.86 °Brix의 조건에서 최소값이 pH 3.36으로 예측되었으며, 산도에 대한 최소점은 온도 22.86°C, 시간 38.50 hr 및 초기 당도 19.39 °Brix의 조건에서 최소값이 산도 0.22%로 예측되었다(Table 3). 이것은 낮은 온도에서 발효 시 효모를 제외한 산 생성균이 거의 자라지 않았음을 알 수 있었다. 그러나 Lee 등(18)은 감자의 알콜 발효에서 발효시간이 경과할수록 산도가 급격히 증가한다고 하였으며, 발효 70일 이후에는 산도 2를 초과한다고 보고하여 식초발효용으로 적당하다고 보았다. 발효 중 pH 및 산도의 변화에는 발효온도와 시간의 영향이 크게 나타났으며, 초기 당의 영향은 상대적으로 낮게 나타났으며, 반응표면은 초기 당도가 높은 조건에서는 30°C 부근에서 발효시간이 경과할수록 pH는 감소하고 산도는 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 2).

관능적 특성

발효주의 색상은 소비자의 기호에 아주 큰 영향을 미치므로 바람직한 색상의 발현을 유도할 필요가 있다. 각 조건

Table 3. Predicted levels of fermentation condition for the maximum and minimum responses of variables by the ridge analysis and F-value for regression model

Responses	Fermentation conditions			Estimated responses	Morphology	F-value		
	Temp. (°C)	Time (hr)	Sugar (°Brix)			Temp. (°C)	Time (hr)	Sugar (°Brix)
Residual sugar content (°Brix)	35.05	48.13	27.06	19.45 (Max)	Minimum	11.44***	12.64***	45.15***
	31.49	70.04	10.12	2.34 (Min)				
Alcoholic content (%)	29.27	103.43	27.52	14.45 (Max)	Maximum	26.62***	13.90***	15.07***
	20.55	61.59	17.56	2.34 (Min)				
pH	35.72	107.69	16.54	3.80 (Max)	Saddle point	14.97***	14.17***	7.87**
	24.43	64.10	11.86	3.46 (Min)				
Acidity (%)	28.78	91.60	29.05	0.38 (Max)	Saddle point	10.17***	13.01***	7.64**
	22.86	38.50	19.39	0.22 (Min)				
Sensory color	37.93	90.08	15.21	7.14 (Max)	Saddle point	4.75**	6.58**	7.26**
	34.24	47.97	27.55	4.90 (Min)				
Sensory flavor	32.67	116.81	17.60	7.07 (Max)	Saddle point	6.18**	3.13	2.49
	20.60	79.93	22.99	4.57 (Min)				
Sensory taste	33.91	82.69	23.97	6.26 (Max)	Maximum	7.07**	8.20**	11.67***
	25.47	91.27	12.04	4.18 (Min)				
Overall palatability	39.27	57.28	22.14	6.64 (Max)	Saddle point	7.12**	4.04*	5.36**
	23.71	39.33	16.25	4.59 (Min)				

*Significant at 10% level : **Significant at 5% level : ***Significant at 1% level

별 양과 발효주의 관능적 색상에 대해 분석한 결과 5.254-6.88까지 대체로 보통 이상이였으며(Table 1), 분석결과를 바탕으로 회귀분석 하였다(Table 2). 관능적 색상에 대한 회귀식의 R^2 가 0.8999로 5% 이내에서 유의성이 인정되었으며, 예측된 정상점은 안장점으로 Table 3과 같이 발효온도 37.93°C, 발효시간 90.08 hr 및 초기 당도 15.21 °Brix 조건에서 최대 관능점수가 7.14로 예측되었다. 한편 4차원 반응표면에서 볼 때 발효 초기 당도가 낮은 조건에서 발효 시간이 길고, 발효온도가 높을수록 평점이 높게 나타났으나 초기 당도가 높은 조건에서는 발효온도가 낮은 온도에서 발효 시간이 길 경우 높은 관능점수를 나타내었다(Fig. 3). 양과 발효주의 색상에 대한 조건변수들의 영향력은 발효 시간, 발효온도 및 초기 당도가 모두 비슷하게 영향을 미치는 것으로 확인되었다(Table 3).

발효 조건에 따른 양과 발효주의 관능평가 중 관능적 향에 대한 변화(Table 1)를 바탕으로 회귀분석한 결과, 향에 대한 회귀식의 R^2 는 0.8778로 5% 이내의 수준에서 유의성이 인정되었다(Table 2). 발효 조건에 따른 향의 반응표면분석에서 예측된 정상점은 안장점으로, 32.67°C, 118.81 hr 및 17.60 °Brix의 조건에서 최대값 7.07점으로, 20.60°C, 79.93 hr 및 22.99 °Brix의 조건에서 최소값 4.57점으로 예측되었다(Table 3). 4차원 반응표면에서와 같이 양과 발효주의 향에는 발효온도가 영향을 미치는 것으로 확인되었으며 발효 시간 및 초기 당도에 대한 영향은 유의적이지 않았다((Fig. 3, Table 3). 양과의 독특한 향취로 인하여 관능적 향이 낮을 것으로 예상하였으나 전처리로 가열 착즙 과정을

거치면서 특 쏘는 양과의 향이 발현되지 않아 양과의 거북한 향이 나타나지 않는 것으로 생각된다.

각 조건별 양과 발효주의 맛에 대한 분석결과(Table 1)를 바탕으로 반응표면 회귀분석(Table 2)을 행하였다. 맛에 대한 회귀식의 R^2 가 0.9385로 1% 이내에서 유의성이 인정되었으며, 반응표면 회귀식 결과 예측된 정상점은 최대점으로 발효온도 33.91°C, 발효시간 82.69 hr 및 초기 당도 23.97 °Brix 조건에서 최대값 6.26점으로 예측되었다(Table 3). 4차원 반응표면은 Fig. 4와 같이 최대점까지는 초기 당도, 발효온도 및 발효시간이 높을수록 맛의 평점의 높은 것으로 나타났으나, 최대점을 지나서는 평점이 다소 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 관능적 맛에 대한 조건변수들의 영향은 초기 당도, 발효시간 및 발효온도의 순으로 영향을 받는 것으로 확인되었다(Table 3). 관능적 맛이 상대적으로 낮게 나타나 혈액순환을 도와주는 한방재료를 첨가하여 약주로서 개발한다면 더 우수한 지역 특산주가 될 수 있을 것으로 여겨진다.

발효 조건에 따른 양과 발효주의 전반적인 기호도는 Table 1과 같고, 분석결과에 대한 반응표면 회귀식은 Table 2와 같으며, 회귀식의 R^2 는 0.9060으로 5% 이내에서 유의성이 인정되었다. 발효 조건에 따른 반응표면분석에서 예측된 정상점은 안장점으로, 39.27°C, 57.28 hr 및 22.14 °Brix의 조건에서 최대값 6.64점으로 예측되었다(Table 3). 4차원 반응표면은 Fig. 4에서와 같이 양과 발효주 발효 초기 당도가 높을수록 증가하였고, 높은 초기 당도에서 발효온도가 높을 경우에는 발효시간이 짧은 조건에서 발효하는 것이

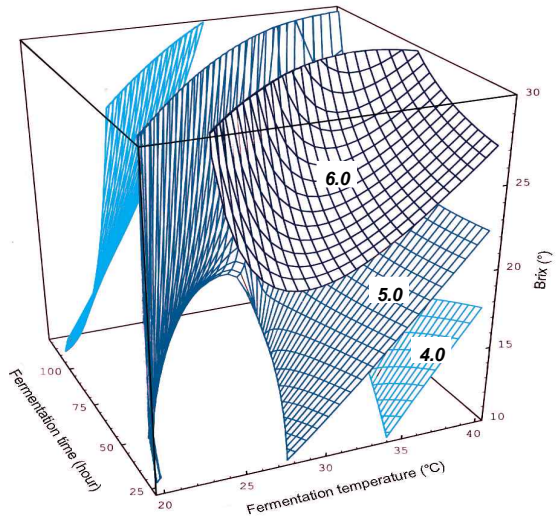
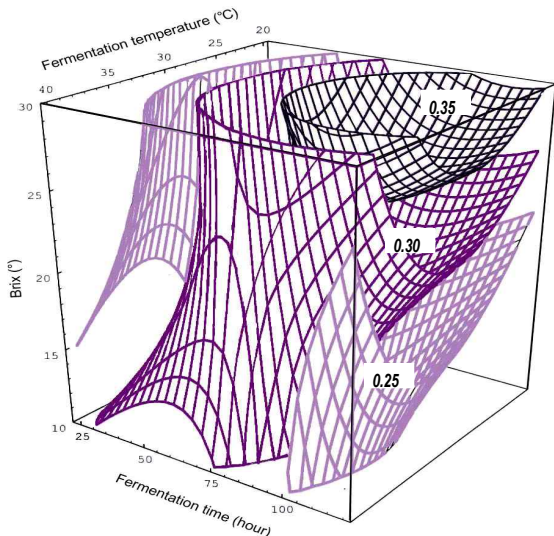
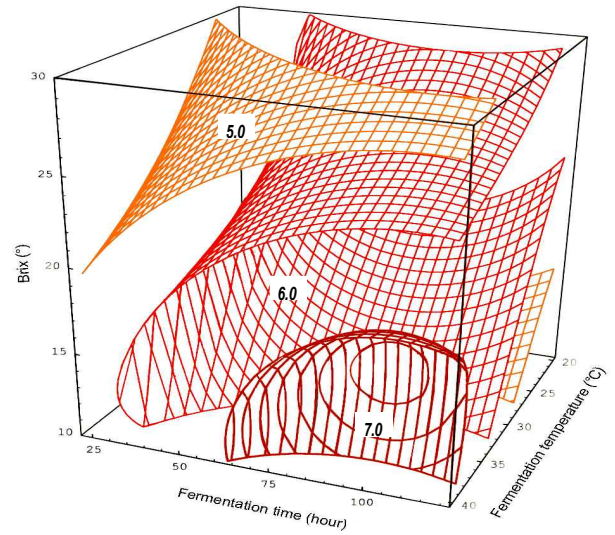
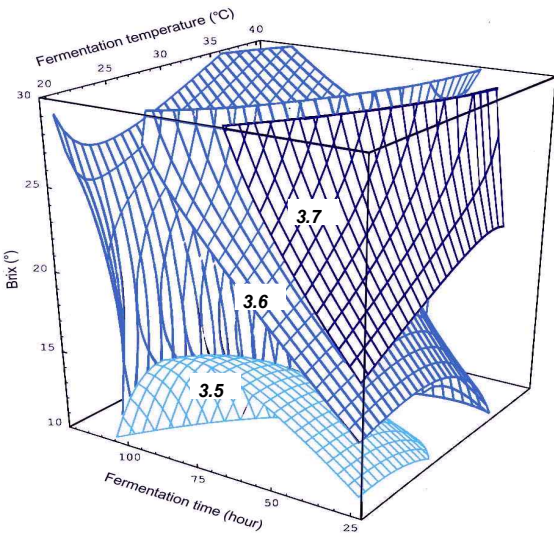


Fig. 2. Response surfaces at constant values (pH: 3.5-3.6-3.7(top) and total acidity: 0.25-0.30-0.35%(down)) as a function of fermentation temperature, fermentation time and fermentation start brix in fermentation of onion wine.

Fig. 3. Response surfaces at constant values (sensory score of color: 5.0-6.0-7.0(top) and sensory score of flavor: 4.0-5.0-6.0(down)) as a function of fermentation temperature, fermentation time and fermentation start brix in fermentation of onion wine.

기호도가 높았으나, 발효온도가 낮을 경우에는 발효시간을 연장하는 것이 기호도가 높게 나타나므로 반드시 최대점으로 발효하기 보다는 발효공정과 품질관리의 편리성 등을 검토하여 판단하는 것이 타당한 것으로 여겨진다. 양과 발효주의 전반적인 기호도에 대한 발효조건에 대한 영향력은 발효 온도, 발효시간 및 초기 당도 모두가 비슷한 영향을 미치는 것으로 확인되었다(Table 3). 이것은 관능적 맛에 대한 점수가 상대적으로 낮게 나타난 것이 전반적인 기호도에 영향을 준 것으로 생각된다. 따라서 양과와 주의 주요 기능성인 혈액순환 개선, 항산화 효과, 콜레스테롤 감소 등의 기능을 보강해 줄 수 있는 한방재료를 보강하여 관능적 맛을 보충해 주고 기능성이 높은 지역 특산주로서 특성을 살려주는 것이 좋

을 것으로 판단된다.

최적 발효조건 예측

알코올 함량과 전반적인 기호도 모두를 만족시키는 조건을 구하기 위해 반응표면 중 최적 반응표면만을 superimposing 하여 양과 발효주의 최적 발효조건을 설정하였다. 알코올 함량 14% 이상이면서 전반적인 기호도 6.2점 이상인 조건을 예측해 본 결과 Fig. 5와 같이 그림의 짙은 부분으로 나타낼 수 있었으며, 이때의 조건은 발효온도 28~32°C, 발효시간 80~90 hr 및 초기 당도 20~25 °Brix로 예측되었다(Table 4).

이상의 발효특성을 모니터링해 본 결과, 양과 발효주의 높은 알코올 함량을 얻기 위해서는 초기 당도를 높게 설정할

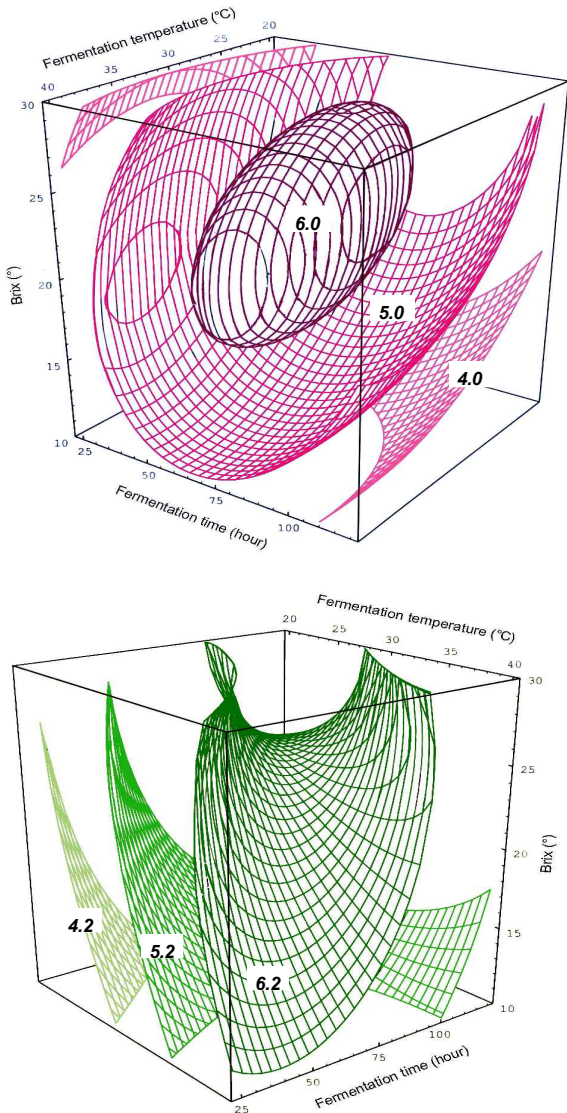


Fig. 4. Response surfaces at constant values (sensory score of taste: 4.0-5.0-6.0(top) and sensory score of overall palatability: 4.2-5.2-6.2(down)) as a function of fermentation temperature, fermentation time and fermentation start brix in fermentation of onion wine.

Table 4. Range of optimum fermentation conditions for the fermentation of onion wine

Fermentation conditions	Optimum ranges
Temperature (°C)	28~30
Time (hr)	94~104
Initial sugar content (°Brix)	27~28

필요가 있었으며, 발효되고 남은 잔당은 관능적인 맛에 영향을 주어 긍정적인 효과를 얻을 수 있었다. 산미는 상대적으로 낮아 깔끔한 양파 발효주를 얻을 수 있었으나 양파 특유의 맛으로 인하여 관능적인 맛과 전반적인 기호도가

높게 나타나지 않았으므로 한방소재를 이용하여 기능성의 보강과 함께 관능적 맛을 보충하는 연구가 더 진행되어야 할 것으로 여겨진다.

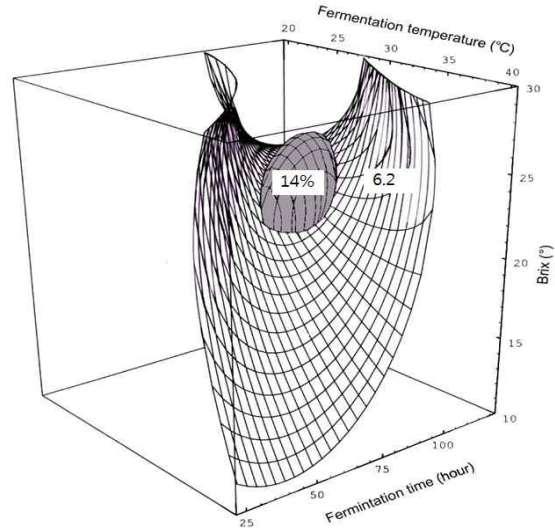


Fig. 5. Superimposed response surface for optimization of alcoholic content(14%) and sensory score(6.2) of overall palatability in wine fermentation of onion as a function of fermentation temperature, fermentation time and fermentation start brix.

요 약

본 연구는 저장성이 낮은 양파를 이용하여 양파의 발효 특성을 조사하였다. 양파 발효의 화학적 특성(잔류 당 함량, pH, 산도 및 알콜 함량)과 관능적 특성(색상, 향, 맛 및 전반적인 기호도)은 반응표면분석을 통해 모니터링 되었다. 알콜 함량에 대한 반응표면분석 결과, 회귀식의 R²가 0.9620으로 1% 이내에서 유의성이 인정되었으며, 예측된 정상점은 최대점으로 발효온도 29.27°C, 발효시간 103.43 hr 및 초기 당도 27.52 °Brix였으며, 최대점까지는 초기 당 함량과 발효시간이 경과할수록 증가하였다. 전반적인 기호도에 대한 회귀식의 R²는 0.9060으로 5% 이내에서 유의성이 인정되었으며, 예측된 정상점은 안장점으로, 39.27°C, 57.28 hr 및 22.14 °Brix의 조건에서 최대값 6.64점으로 예측되었다. 알콜 함량과 전반적인 기호도 모두를 만족시켜 주는 조건을 구하기 위해 반응표면 중 최적 반응표면만을 superimposing 하여 양파 발효주의 최적 발효조건을 설정한 결과, 발효온도 28~32°C, 발효시간 80~90 hr 및 초기 당도 20~25 °Brix로 예측되었다.

감사의 글

본 연구는 창녕군 농업기술센터 연구비지원으로 수행되

있으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Griffiths G, Trueman L, Growther T, Thomas B, Smith B (2002) Onion-a global benefit to health. *Phytother Res*, 16, 603-615
- Jakubowski H (2003) On the health benefit of *Allium* sp. *Nutrition*, 19, 167-168
- Kim JE, Kim AR, Kim MJ, Park SN (2011) Antibacterial, antioxidative and antiaging effects of *Allium cepa* peel extracts. *Appl Chem Eng*, 22, 178-184
- Helen K, Krishnarkumar K, Vijayammal PL, Augusti KT (2000) Antioxidant effect of onion oil on the damages induced by nicotine in rats as compared to alpha-tocopherol. *Toxicol Lett*, 116, 61-68
- Lee CJ, Kim HD, Choung EH, Suh JK, Park CW, Ha YL (2000) Reduction effect of carcinogen-induced mouse epidermal and forestomach carcinogenesis by the extract of onion wastes. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 29, 525-530
- Jain RC, Vyas CR, Mahatma OP (1973) Hypoglycemic action of onion and garlic. *Lancet*, 302, 1491-1495
- Haldeman JD, MacNeil JH, Yared DM (1987) Antioxidant activity of onion and garlic juice in stored cooked ground lamb. *J Food Prot*, 50, 411-413
- Chung HK, Shin MJ, Cha YJ, Lee KH (2011) Effect of onion peel extracts on blood lipid profile and blood coagulation in high fat fed SD rats. *Korean J Food Nutr*, 24, 442-450
- Choi YJ, Kim SW, Jang JK, Choi YJ, Park YS, Park H, Shim KS, Lee HS, Chung MS (2009) Development of fermented functional onion juice using lactic acid bacteria. *Food Eng Prog*, 13, 1-7
- Shin JS, Lee OS, Jeong YJ (2002) Changes in the components of onion vinegars by two stages fermentation. *Korean J Food Sci Technol*, 34, 1079-1084
- Kim MJ, Moon SW, Jang MS (1995) Effect of onion on *dongchimi* fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 24, 330-335
- Park YS, Jang JK, Choi YJ, Chung MS, Park H, Shim KS (2009) Lactic acid fermentation of onion juice supplemented with puffed red ginseng extract. *Food Eng Prog*, 13, 16-23
- Yi JH, Rhee HS (1992) Effect of onion on *kimchi* fermentation I. *Korean J Soc Food Sci*, 8, 27-30
- Cho Y, Yi JH (1992) Effect of onion on *kimchi* fermentation II. *Korean J Soc Food Sci*, 8, 365-369
- Lim TS, Do JR, Twon OJ, Kim HK (2007) Monitoring on extraction yields and functional properties of onion(*Allium cepa*) extracts by using response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 36, 105-110
- Lee JM, Kim SK, Lee GD (2003) Monitoring on alcohol fermentation characteristics of strawberry. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 32, 679-683
- Jeong YJ, Seo JH, Yoon SR, Lee JM, Lee GD (2000) Liquefaction and saccharification conditions of potatoes for alcohol fermentation using potatoes. *Korean J Postharvest Sci Technol*, 7, 94-98
- 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
- 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
- Myers RH (1971) *Response Surface Methodology*. Allyn and Bacon Inc., Boston, p 132
- SAS (1988) *SAS/STAT : User's Guide Version 6*, Fourth Edition Vol. 2, CH.37, SAS Institute Inc., Cary, NC. p 1457-1478
- Martha LA, James PB (1992) *The mathematica handbook, compatible with mathematica version 2.0*. An Inprint of a Division of Academic Press, Inc., Harcourt Brace & Co., Massachusetts, USA, p 15-511
- AOAC (1996) *Official Method of Analysis*, 15th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, p 210-219
- Kim MB, Lee GD, Jeong YJ, Lee MH, Lee ST, Kwon JH (1998) Prediction of extraction conditions for the optimized organoleptic quality of *Eucommia ulmoides* leaf-tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 27, 914-919
- Park SH (1991) *Modern experimental design*. Minyoungsa, Seoul, p 547-557

(접수 2012년 10월 9일 수정 2013년 3월 20일 채택 2013년 3월 20일)