

Monitoring on Alcohol Fermentation Properties of Apple Juice for Apple Vinegar

Eun-Jeong Shin¹, Bok-Hee Kang², Sang-Han Lee³, Dong-Sun Lee⁴, Sang-Sun Hur⁵,
Kee-Sun Shin⁶, Seong-Ho Kim⁷, Seok-Min Son^{1,8}, Jin-Man Lee^{1,8*}

¹Department of Food & Biotechnology, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

²Center for Food Function and Safety, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

³Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

⁴Faculty of Biotechnology, College of Applied Life Sciences, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

⁵Department of Food Science & Biotechnology, Joongbu University, Kumsan-gun 312-702, Korea

⁶Biological Resource Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, Daejeon 305-806, Korea

⁷Department of Food Science & Engineering, Daegu University, Kyongsan 712-714, Korea

⁸Basic Science Institute, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

사과식초 제조를 위한 사과주스의 알코올발효 특성 모니터링

신은정¹ · 강복희² · 이상한³ · 이동선⁴ · 허상선⁵ · 신기선⁶ · 김성호⁷ · 손석민^{1,8} · 이진만^{1,8*}

¹호서대학교 식품생물공학과, ²호서대학교 식품기능안전연구센터, ³경북대학교 식품공학과, ⁴제주대학교 생명공학부, ⁵중부대학교 식품생명과학과, ⁶한국생명공학연구원 생물자원센터, ⁷대구대학교 식품공학과, ⁸호서대학교 기초과학연구소

Abstract

The alcohol fermentation of apple juice was optimized as a preliminary study for the production of natural apple cider vinegar. To gain an optimal fermentation yield, a central composite design was used to investigate the effects of the independent variables [initial Brix (12/14/16/18/20, X₁), fermentation time(48/54/60/66/72h, X₂), and fermentation temperature(24/26/28/30/32°C, X₃)] on the dependent variables (alcohol content, reducing sugar, Brix, acidity). The alcohol content was 3.4-6.4%, the reducing sugar was 1.93-6.24%, and the Brix was 6.1-13.8°. The alcohol content was mainly affected by the fermentation temperature and increased along with the fermentation time and temperature. The amount of the reducing sugar was significantly affected by the initial Brix and fermentation temperature. The optimal conditions for the alcohol content were found to be 15.22 initial Brix, 64.97 h fermentation time, and 31.56°C temperature.

Key words : response surface methodology, alcohol fermentation, apple, vinegar

서 론

사과는 장미과 *Malus*속에 속하는 다년생 식물로서 청량감과 산뜻한 맛으로 무기질, 비타민류가 다량 함유되어 꾸준히 소비되고 있는 대표적인 과일로서(1), 생과 뿐만 아니라 주스, 잼 등 다양한 가공 식품으로 이용되고 있다(2). 사과는 폴리페놀 등 다양한 기능성 성분을 함유하고 있어 심혈관 질환 및 암 등의 성인병 예방에 효과가 있으며 사과

껍질에 다량 함유되어 있는 식이섬유는 장의 연동운동을 촉진하여 배변을 원활하게 해준다고 알려져 있다(3).

2011년 사과 재배면적은 31,167 ha로 2010년 보다 0.6% (175 ha) 증가하였으며, 최근 몇 년간 가격이 꾸준히 상승하여 타 과수에 비해 단위 면적당 소득 또한 높아 재배면적이 증가하고 있는 추세이다(4). 품종별 재배면적은 2011년을 기준으로 후지가 19,977 ha (63.8%)로 가장 많이 재배되고 있으며, 다음으로 홍로가 4,354 ha로 13.9%이며, 후지 조숙계(2,621 ha, 8.4%), 쓰가루 (1,417 ha, 4.5%), 양광(709 ha, 2.3%) 등이 재배되고 있다.

사과의 가공 및 이용과 관련된 연구로는 사과가루를 첨

*Corresponding author. E-mail : jmlee@hoseo.edu
Phone : 82-41-540-5645, Fax : 82-41-544-4151

가한 설기떡의 품질특성(5), 사과 발효주(6), 냉장저장 중 사과슬라이스의 개별 페놀성분함량과 제변화(7), 청징 사과주스의 제조 및 품질특성 비교(8), Fresh-cut 사과의 품질 보존성 향상을 위한 침지액의 개발(9), 한외여과공정을 이용한 사과주의 품질개선(10) 등이 있다. 이와 같이 사과 가공품 개발을 위한 여러 연구가 진행되고 있으나, 소비자들이 시중에서 접할 수 있는 사과가공품은 종류가 한정되어 있다.

사과 가공품의 경우 주스 및 음료가 전체의 90% 이상을 차지하고 있어 소비자의 요구를 충족시킬 수 있는 다양한 사과가공품의 개발이 시급한 실정이다(11). 주스 및 음료 외에 사과를 효과적으로 활용할 수 있는 가공품의 일환으로 조미료(용) 뿐만 아니라 음료 대용으로 소비가 증가하고 있는 천연 발효식초를 들 수 있다. 또한 최근 건강에 대한 관심 증가로 천연 발효식초 및 이를 이용한 음료 제품에 대한 개발이 활발하게 이루어지고 있다.

특히, 식초의 동맥경화, 고혈압 등의 성인병 예방효과와 콜레스테롤 저하효과 등의 기능성이 밝혀지면서 다양한 과실을 원료로 한 제품이 제조되고 있다(12). 과실 식초 제조를 위한 알코올 및 초산 발효 관련 연구로는 참외의 알코올 및 초산발효 특성 모니터링(13), 감껍질을 이용한 감식초 발효조건 모니터링(14), 농축 사과주스를 이용한 식초 발효조건 최적화(15), 복숭아 식초의 병행발효 특성(16), 매실식초의 최적 발효조건 설정 및 품질특성(17) 및 반응표면분석을 이용한 농축 포도즙의 알코올발효 조건 최적화(12) 등이 있다. 이처럼 과실식초에 관한 연구가 다양하게 이루어지고 있으나 천연 발효를 이용한 사과식초에 관한 연구는 아직 미흡한 실정으로 품질이 우수한 천연 사과식초 제조를 위한 연구가 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 사과의 활용성 증진 및 부가가치 창출을 위한 고품질 사과식초 제조의 전단계로서 농축사과주스를 이용하여 알코올 발효조건에 대한 특성을 모니터링하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

알코올발효를 위한 사과 농축액(50 °Brix)은 대구경북농업농업협동조합으로부터 구입하였으며, 4°C에서 냉장보관하면서 사용하였다.

균주 및 알코올 발효

알코올발효를 위한 효모는 호서대학교 생물소재연구실에서 보관중인 *Saccharomyces cerevisiae* 5645를 사용하였으며, 균주 배양은 YPD broth (Yeast extract 1.0%, bacto peptone 2%, glucose 2%)에서 진탕배양기(JSR, Rotary,

jssi-100C, Korea)를 사용하여 30°C, 150 rpm에서 48시간 실시하였다. 알코올발효를 위한 주모는 사과주스액(14 °Brix)에 효모 균주 배양액을 발효액에 대하여 5%를 접종하여 30°C에서 150 rpm, 48시간 배양하여 사용하였다. 초기 당도 조절은 사과농축액(50 °Brix)을 농도별(12~20 °Brix)로 희석하여 사용하였으며, 발효시간(48~72 hr) 및 발효온도 조건(24~32°C)에 따라 알코올발효를 실시하였다.

알코올발효를 위한 실험계획

사과주스액의 알코올 발효를 위한 실험계획은 중심합성계획법(19)에 의해 설계하였으며, 반응표면 회귀분석을 위해 SAS (statistical analysis system) program version 8.1 (19)을 사용하였다. 초기 당도, 발효시간 및 발효온도를 독립변수로 설정하여 각각 5단계로 부호화하였으며, 중심합성계획에 의해 Table 1과 같이 16개의 조건으로 설정하여 발효를 실시하였다. 사과주스 알코올발효액의 이화학적 특성과 관련된 종속변수(Y_n)로서 알코올함량, 환원당 함량, 당도, pH 및 산도를 조사하였다. 알코올발효조건이 사과주스 알코올발효에 미치는 영향을 살펴보기 위해 예측된 모델식을 바탕으로 mathematica program version 2.0 (20)을 이용하여 4차원 반응표면분석으로 해석하였다.

Table 1. Level in fermentation condition of apple juice

	-2	-1	0	1	2
X_1 Initial soluble solid (°Brix)	12	14	16	18	20
X_2 Fermentation time (hr)	48	54	60	66	72
X_3 Fermentation temperature (°C)	24	26	28	30	32

알코올 함량 측정

발효액의 알코올 함량은 국세청 주류분석방법에 의하여 발효액 100 mL를 증류한 후 15°C에서 주정계를 이용하여 측정하였다.

환원당 함량 측정

환원당 함량은 3,5-dinitrosalicylic acid에 의한 비색법(22)으로 분광광도계(Cary No, 100, Varian, Palo Alto, CA, USA)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 알코올발효액의 가용성고형물 함량은 굴절당도계(Master-10T/Master-20T, Atago Co, Ltd, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

pH와 산도

사과주스 알코올발효액의 pH는 pH 미터(PB-20, Sartorius, Germany)를 이용하여 측정하였으며, 산도는 0.1 N NaOH를 이용하여 pH가 8.2가 될 때까지 중화적정법을 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

알코올 함량의 변화

사과주스액의 알코올 발효에 미치는 발효조건에 영향을 알아보기 위해 독립변수를 발효 초기 당도(Brix, X_1), 발효시간(hr, X_2), 발효온도($^{\circ}C$, X_3)로 설정하여 발효조건에 대한 알코올 함량을 살펴본 결과는 Table 2와 같다. 중심합성계획에 의하여 반응표면분석법에 의해 발효를 실시한 결과 알코올 함량은 3.4~6.4%로 나타났다. 사과주스액의 알코올 함량에 대한 회귀식은 Table 3과 같으며, 1% 이내에서 유의성이 인정되었으며, 이 때 R^2 는 0.8436으로 나타났다. 발효조건에 따른 알코올 함량의 변화는 Fig. 1과 같으며, 예측된

정상점은 안장점으로 능선분석을 실시한 결과 알코올 발효 조건에 따른 발효액의 알코올 함량은 초기 당도나 발효시간 보다는 주로 발효온도에 영향을 많이 받고 있는 것으로 나타났다. 이는 Lee 등(22)의 딸기의 알코올 발효 특성 모니터링에서 발효조건에 따른 알코올함량은 발효시간과 발효 온도 보다는 초기 당도에 많은 영향을 받는 것으로 나타난 결과와는 약간 다른 경향을 보였다.

발효기간이 길고 발효온도가 설정한 범위 내에서 높을수록 알코올 함량도 높아지는 경향을 보였다. 발효조건이 초기 당도 15.22, 발효시간 64.97 hr, 발효온도 31.56 $^{\circ}C$ 이었을 때 알코올 함량의 최대값이 6.4%로 예측되어, 이와 같은 발효조건 하에서 발효기간 3일 이내에 산도 4% 이상의

Table 2. Experimental data on alcohol content, reducing sugar, brix, pH and acidity of apple juice under different conditions by response surface analysis on central composite design

No.	Initial soluble solid ($^{\circ}$ Brix)	Fermentation time	Fermentation temperature ($^{\circ}C$)	Alcohol content (%)	Reducing sugar (%)	$^{\circ}$ Brix	pH	Acidity (%)
1	14 (-1)	54 (-1)	26(-1)	3.6	3.40	9.4	3.81	0.41
2	14 (-1)	54 (-1)	30(1)	4.7	2.67	8.7	3.83	0.45
3	14 (-1)	66 (1)	26(-1)	4.4	2.96	8.6	3.78	0.39
4	14 (-1)	66 (1)	30(1)	5.3	1.93	7.3	3.78	0.40
5	18 (1)	54 (-1)	26(-1)	3.8	5.92	13.1	3.76	0.49
6	18 (1)	54 (-1)	30(1)	4.2	4.94	12.3	3.79	0.51
7	18 (1)	66 (1)	26(-1)	3.9	6.65	12.6	3.76	0.51
8	18 (1)	66 (1)	30(1)	5.1	4.44	11.3	3.79	0.50
9	16 (0)	60 (0)	28(0)	4.4	4.63	10.2	3.77	0.45
10	16 (0)	60 (0)	28(0)	5.0	3.45	9.5	3.79	0.44
11	12 (-2)	60 (0)	28(0)	4.8	1.10	6.1	3.78	0.32
12	20 (2)	60 (0)	28(0)	4.9	6.24	13.8	3.78	0.57
13	16 (0)	48 (-2)	28(0)	3.4	4.48	11.7	3.80	0.43
14	16 (0)	72 (2)	28(0)	5.6	2.97	8.8	3.82	0.43
15	16 (0)	60 (0)	24(-2)	4.2	4.27	8.7	3.78	0.44
16	16 (0)	60 (0)	32(2)	6.4	1.99	8.5	3.82	0.43

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

Table 3. Polynomial equations calculated by RSM program of alcohol content, reducing sugar, brix, pH and acidity in fermentation conditions of apple extract

Response	Second order polynomials	R^2	Significance
Alcohol content	$Y_{AC}=21.843750+0.450000X_1+0.070833X_2-2.043750X_3+0.009375X_1^2-0.004167X_1X_2-0.001389X_2^2-0.018750X_1X_3+0.008333X_2X_3+0.037500X_3^2$	0.8436	0.0067
Reducing sugar	$Y_{RS}=-86.636250+1.774688X_1+0.432396X_2+4.55963X_3-0.023125X_1^2+0.014688X_1X_2-0.002188X_2^2-0.044688X_1X_3-0.015938X_2X_3-0.056875X_3^2$	0.9480	0.0033
Soluble solid	$Y_{Brix}=-58.550000+0.409375X_1-0.228125X_2+4.971875X_3+0.006250X_1^2+0.007292X_1X_2+0.002778X_2^2-0.003125X_1X_3-0.011458X_2X_3-0.078125X_3^2$	0.9502	0.0029
pH	$Y_{pH}=6.452500-0.088125X_1-0.032917X_2-0.072500X_3+0.000833X_1X_2+0.0000208X_2^2+0.001250X_1X_3-0.000208X_2X_3+0.001250X_3^2$	0.7159	0.2716
Acidity	$Y_{Acid}=-1.648125+0.011875X_1+0.016042X_2+0.093750X_3+0.000833X_1X_2-0.000104X_2^2-0.001250X_1X_3-0.000625X_2X_3-0.000625X_3^2$	0.9360	0.0059

사과식초 제조를 위한 알코올 함량 5% 이상의 발효액을 얻을 수 있는 것으로 나타났다. Son 등(23)의 매실 알코올발효 연구에서는 당농도 8.39%, 발효온도 28.86℃, 발효시간 3.84일 발효시 알코올생성 예상치 5.24%로 나타났다고 보고하였으며, Park(24) 등의 양과를 이용한 식초제조 연구에서 당도 14 °Brix, 30℃에서 5일 동안 발효시켰을 때 알코올 함량 5.8%인 양과주를 얻을 수 있다고 보고하였다.

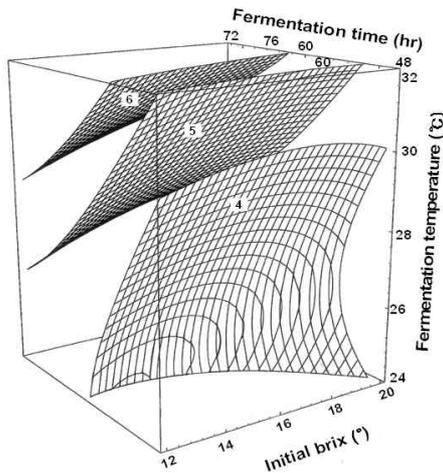


Fig. 1. Response surface for alcohol content of apple juice at constant values.

(Alcohol content : 4, 5, 6) as fermentation conditions.

환원당 함량의 변화

발효조건에 따른 사과주스 알코올 발효액에 대한 환원당 함량을 측정된 결과 1.93~6.24%로 나타났다(Table 2). 발효조건에 따라 알코올 발효조건에 따른 사과주스 알코올 발효액의 알코올 함량에 대한 회귀식의 R^2 는 0.9480이었으며, 1% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다(Table 3). 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석을 실시한 결과, 환원당 함량은 사과농축액의 초기 당도가 12.77, 발효시간 64.93 hr, 발효온도 29.69℃이었을 때 최소값 0.84%로 예상되었다. 발효조건에 따른 환원당 함량은 Fig. 2와 같으며, 초기 당도와 발효온도에 주로 영향을 많이 받는 것으로 나타났다(Table 4).

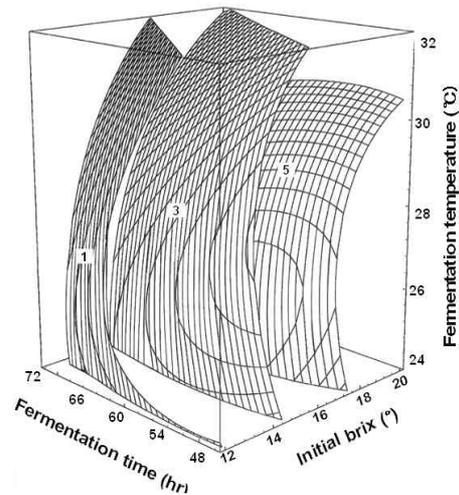


Fig. 2. Response surface for reducing sugar of apple juice at constant values.

(Reducing sugar : 1, 3, 5) as fermentation conditions.

당도의 변화

알코올 발효액의 당도는 Table 2와 같으며, 발효조건에 따라 6.1~13.8 brix로 나타났다. 알코올 발효액의 당도에 대한 회귀식은 0.9502로 1% 이내에서 유의성이 인정되었다(Table 3). 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석을 실시한 결과, 당도의 최소값은 6.09로 예측되었으며, 이 때의 발효조건은 발효 초기 당도 12.54 brix, 발효시간 63.96 hr, 발효온도 29.52℃이었다. 발효액의 당도는 Table 4와 같이 초기 사과농축액의 당도에 가장 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며, 초기 당도가 낮을수록 발효 후 당도도 낮아지는 것으로 나타났다(Fig. 3.) Lee 등(22)의 딸기의 알코올 발효특성 연구에서 잔당 함량의 경우 산도와 동일하게 발효 시간과 발효온도 보다는 초기당도에 많은 영향을 받는 것으로 나타나 본 결과와 일치하는 경향을 보였다.

pH 및 산도의 변화

중심합성계획에 의해 조건별로 발효를 실시한 사과주스 발효액의 pH는 Table 2와 같다. 반응표면 회귀식은 Table 3에 나타내었으며, pH에 대한 회귀식의 R^2 는 0.7159이며, pH는 유의성이 인정되지 않았으며, 예측된 정상점은 안장

Table 4. Regression analysis for regression model of alcohol content, reducing sugar, brix, pH and acidity in fermentation conditions of apple extract

Fermentation conditions	F-Ratio				
	Alcohol Content (%)	Reducing sugar (%)	°Brix	pH	Acidity
X ₁ Initial soluble solid (°Brix)	0.13	21.62 ^{***}	24.38 ^{***}	1.30	21.43 ^{***}
X ₂ Fermentation time (hr)	3.07	1.22	2.49	1.48	0.77
X ₃ Fermentation temperature(°C)	4.76 ^{**}	5.26 ^{**}	1.23	1.80	0.39

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

Table 5. Predicted levels of optimum conditions for fermentation conditions of apple wine by the ridge analysis

Responses	Initial soluble solid	Fermentation time (hr)	Fermentation temperature (°C)	Estimated responses	Morphology
Alcohol content (%)	15.53	48.58	26.87	3.33(Min)	Saddle point
	15.22	64.97	31.56	6.41(Mix)	
Reducing Sugar (%)	12.77	64.93	29.69	0.84(Min)	Saddle point
	19.57	61.67	26.29	7.03(Max)	
°Brix	12.54	63.96	29.52	6.09(Min)	Saddle point
	19.87	57.04	27.71	14.29(Max)	
pH	19.27	56.19	26.08	3.74(Min)	Saddle point
	14.35	50.13	29.57	3.83(Max)	
Acidity	12.33	64.64	27.60	0.34(Min)	Saddle point
	19.85	62.75	27.41	0.57(Max)	

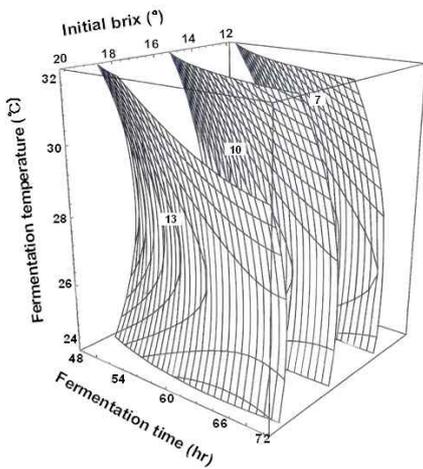


Fig. 3. Response surface for brix of apple juice at constant values. (Brix : 7, 10, 13) as fermentation conditions.

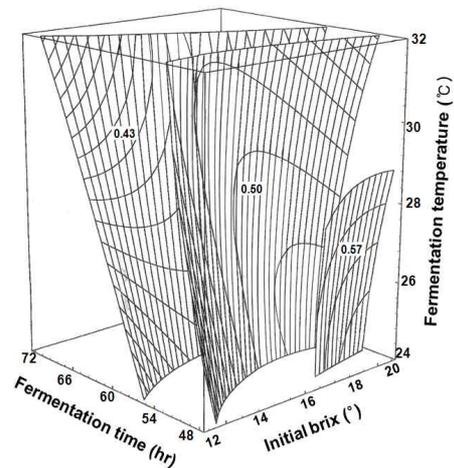


Fig. 5. Response surface for acidity of apple juice at constant values. (Acidity : 0.43, 0.50, 0.57) as fermentation conditions.

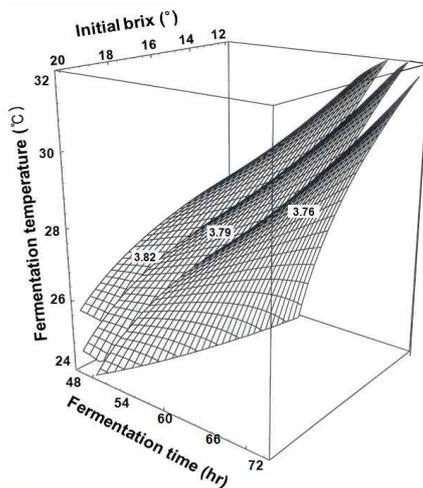


Fig. 4. Response surface for pH of apple juice at constant values. (pH : 3.76, 3.79, 3.82) as fermentation conditions.

(Acidity : 0.43, 0.50, 0.57) as fermentation conditions.

점이었다. 발효조건에 따른 사과주스 발효액의 산도는 Table 2와 같으며 발효조건에 따라 0.32~0.57%의 값을 나타내었다. 이를 이용하여 반응표면 회귀분석을 실시하였으며 각 요인 변수에 따른 반응변수에 대한 회귀식은 Table 3에 나타내었다. 사과주스 알코올발효액의 산도에 대한 회귀식의 R2는 0.9360이며, 1% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점으로 최대값은 0.57이었으며, 이때의 발효조건은 초기 당도 19.85 brix, 발효시간 62.75 hr, 발효온도 27.41°C이었다. 산도에 대한 발효조건의 영향은 Table 4와 같이 초기 당도에 가장 많은 영향을 받고 있었으며, 발효온도와 발효시간에 대한 영향은 거의 받지 않는 것으로 나타났다. Kim 등(12)의 농축 포도즙 알코올 발효조건 최적화 연구에서 포도즙의 당도가 증가할수록 산도는 증가하는 경향을 나타내어 본 연구결과와 일치하는 경향을 나타내었다. Lee 등(22)의 딸기의 알코올 발효 특성

모니터링에서 산도는 초기당도가 발효시간과 발효온도보다 더 많은 영향을 주는 요인으로 나타났다는 보고와 일치하였다.

요 약

사과식초 제조를 위한 전단계로서 사과주스의 알코올발효 최적화를 실시하였다. 알코올발효 최적화를 위해 중심합성계획이 사용되었으며, 이 때 독립변수로는 초기 당도 (12, 14, 16, 18, 20 °Brix, X_1), 발효시간(48, 54, 60, 66, 72 hr, X_2), 발효온도(24, 26, 28, 30, 32 °C, X_3)로 설정하였으며, 종속변수로는 알코올함량, 환원당 함량, 당도, 산도를 살펴 보았다. 발효조건에 따른 사과주스 알코올발효액의 알코올 함량은 3.4~6.4%, 환원당 함량은 1.93~6.24%, 당도는 6.1~13.8 brix로 나타났다. 알코올 함량은 주로 발효온도에 영향을 많이 받았으며, 발효시간이 길고 온도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 환원당 함량은 주로 초기 당도와 발효온도에 영향을 받는 것으로 나타났다. 초기 당도 15.22 °Brix, 발효시간 64.97 hr, 발효온도 31.56 °C일 때 알코올 함량의 최대값이 6.4%로 예측되었다.

감사의 글

본 논문은 농림수산식품부 사과수출연구사업단 연구비 지원에 의하여 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Hwang TY, Son SM, Lee CY, Moon KD (2001) Quality changes of fresh-cut packaged fuji apples during storage. *Korean J Food Sci Technol*, 33, 469-473
- Yun HJ, Lim SY, Hur JM, Jeong JW, Yang SH, Kim DH (2007) Changes of functional compounds in, and texture characteristics of, apples, during post-irradiation storage at different temperature. *Korean J Food Preserv*, 14, 239-246
- Park MK (2009) Extraction of polyphenols from apple peel using cellulase and pectinase and estimation of antioxidant activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 535-540
- Korea National Statistical Office (2011) Research result on cultivation area of a sort of barley, spring potatoes, apple, pear, p 5
- Lim JH (2011) Quality characteristics of Sulgidduk prepared with apple powder. *Korean J Food Cookery Sci*, 27, 109-121
- Han WC, Ji SH, Lee JC, Jeong C, Kang SA, Jang KH (2009) Quality characteristics of apple wine fermented with *rosa rugosa* thunb. *Korean J Food Preserv*, 16, 311-316
- Ahn SC (2008) Changes in the content of individual phenolic compounds in apple slices during cold storage. *Korean J Food Culture*, 23, 489-498
- Sohn KS, Seog EJ, Lee JH (2006) Quality characteristics of clarified apple juices produced by various methods. *Korean J Food Preserv*, 13, 138-143
- Kim JC, Kim SC, Park KJ, Jeong JW, Jeong SW (2006) Development of dipping solution to extend a shelf-life of fresh-cut apples. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 35-41
- Jeong JH, Mok CG, Im SB, Park YS (2003) Ultrafiltration for quality improvement of apple wine. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol*, 46, 201-206
- Huh MY (2010) Recognition and importance-satisfaction of apple processed products. *Korean J Food Culture*, 25, 1-8
- Kim YS, Kim RS, Choi HD, Choi IW (2009) Optimization for the alcoholic fermentation of concentrated grape juice using response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 116-120
- 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
- Kim SG, Lee GD, Jeong SG (2003) Monitoring on fermentation of persimmon vinegar from persimmon peel. *Korean J Food Sci Technol*, 35, 642-647
- Seo JH, Lee GD, Jeong YJ (2001) Optimization of the vinegar fermentation using concentrated apple juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 30, 460-465
- Cho JW, Kim IS, Kim MK, Lee YK, Kim SD (2000) Characteristics of peach vinegar by parallel complex fermentation. *Korean J Food Preserv*, 7, 89-93
- Ko YJ, Jeong DY, Lee JO, Park MH, Kim EJ, Kim JW, Kim YS, Ryu CH (2007) The establishment of optimum fermentation conditions for *Prunus mume* vinegar and its quality evaluation. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 36, 361-365
- Park SH (1999) *Modern Experiment Design*, Minyoung Press, Seoul, p 521-564
- SAS. SAS/STAT (1995) User's Guide Version 6, 4th

- ed., Ch. 37, 2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, p 1457
20. Martha LA, James PB (1992) In *The Mathematica Handbook, Compatible with Mathematica Version 2.0*. An imprint of academic press. Inc. Harcourt brace & Co, Massachusetts, p 15-511
21. Miller GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem*, 31, 426-428
22. Lee JM, Kim SK, Lee GD (2003) Monitoring on alcohol fermentation characteristics of strawberry. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 32, 679-683
23. Son SS, Ji WD, Chung HC (2003) Optimum condition for alcohol fermentation using Mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) Fruits. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 32, 539-543
24. Park YK, Jung ST, Kang SG, Park IB, Cheun KS, Kang SK (1999) Production of a vinegar from onion. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol*, 27, 75-79

(접수 2011년 6월 9일 수정 2011년 12월 13일 채택 2011년 12월 16일)