

생전분 분해효소를 이용한 타피오카의 알콜발효 특성

정용진[†] · 백창호 · 우경진 · 우승미 · 이오석 · 하영득

계명대학교 식품가공학과

Alcohol Fermentation Characteristics of Tapioca Using Raw Starch Enzyme

Yong-Jin Jeong[†], Chang-Ho Baek, Kyoung-Jin Woo, Seung-Mi Woo,
Oh-Seuk Lee and Young-Duck Ha

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

Abstract

The optimum conditions of the alcohol fermentation with raw tapioca by simultaneous saccharification and alcohol fermentation (SSAF) were studied using raw starch enzyme. The optimum conditions for maximum alcohol production were 0.5% (w/w) of enzyme content, 250% (v/w) of added water content and 96 hr of fermentation time. The alcohol and reducing sugar contents were 11.7% and 306 mg% after 96 hr fermentation, respectively. During the fermentation pH decreased from 6.2 to 4.2 and total acidity increased from 0.11 to 0.43. Alcohol components were detected such as ethanol, methanol, *iso*-propanol, *n*-propylalcohol and *iso*-butylalcohol, besides acetaldehyde. We could construct raw starch fermentation conditions which was 250% (v/w) of added water content and 0.5% (w/w) of enzyme content. However, yield of raw starch alcohol fermentation was lower than that of steaming alcohol fermentation.

Key words: tapioca, simultaneous saccharification, alcohol fermentation, starch enzyme

서론

타피오카(*Monihot esculenta crantz*)는 주로 열대지방에 자생하는 식물로 남미지역이 원산지이며, cassava, mandioca, manioca 또는 yuca 등 여러 이름으로 불리워지고 있다. 타피오카의 뿌리는 건조할 때 전체 중량이 30~40%으로 감소하고 건물의 약 75%가 전분으로 구성되어 있어서 전분가공용, 주정 원료 등으로 널리 이용되고 있다(1,2). 국내에서는 주정 생산을 위하여 쌀보리, 겉보리, 절간, 생고구마와 더불어 수입산 타피오카가 많이 이용되고 있으며, 매년 생산량이 감소되고 있는 국내산 전분질 원료를 대체하여 타피오카의 수입량은 급격히 증가되어 2000년 현재 약 281,186(M/T)으로 주정 원료 소비량의 약 80% 정도를 차지하고 있다(3). 따라서 타피오카를 이용한 알콜발효 원가 절감을 위한 연구가 요구되고 있다. 전분질 원료로부터의 알콜 생산 공정은 전분질 원료의 분쇄, 증자, 당화, 발효 및 증류공정으로 이루어지는데 증자공정은 전분구조를 느슨하게 하여 효소적 분해를 용이하게 하며 호화, 액화 및 살균 공정으로 알콜 생산에 필요한 30~40%의 에너지가 소비된다(4,5). 전분질의 당화는 전분의 종류 및 구조, 액화 및 당화 조건, koji 및 효소의 종류 및 역가 등에 의해서 크게 영향을 받는다. 원료의 당화공정은

증자방법과 무증자 방법으로 구분되며 생전분 분해효소를 이용한 무증자 발효방법에 관한 연구가 많이 진행되고 있다(6,7). 무증자 당화법은 증자에너지를 절약할 수 있는 장점과 전분의 구조적 팽윤 현상을 수반하지 않음으로써 고농도 담금으로 고농도 당화액을 얻을 수 있어 농축에 필요한 에너지를 절감할 수 있는 장점이 있다.

무증자 당화법에는 생전분 분해력이 강한 효소를 이용한 효소 분해법(6-9), 산·알칼리 처리의 화학적 처리법(4) 및 효소 처리법에 분쇄마찰매체를 함유한 bioreactor를 활용하는 방법(10) 등이 있으며, 분쇄마찰계가 함유된 효소분해법은 산업적 활용이 기대되고 있다. 타피오카를 이용한 무증자 동시 발효에 관한 연구는 실험실 규모에서는 몇몇 보고가 있으나 공장규모에서 산업적 활용에는 많은 어려움이 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 타피오카의 무증자 알콜발효 방법의 대량생산 산업화를 위하여 생전분 분해효소제를 이용한 알콜발효 조건에 따른 성분 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 타피오카는 2001년 수입된 베트남산으

[†]Corresponding author. E-mail: yjjeong@kmu.ac.kr
Phone: 82-53-580-5557, Fax: 82-53-580-5164

로 (주)풍국주정에서 제공받아, 40 mesh 이하로 분쇄하여 사용하였다. 전분함량은 74.88%, 수분함량 8.96%이었다.

사용균주 및 주모

본 실험에서 사용된 알콜발효 균주는 *Saccharomyces cerevisiae* DJ97를 YPD(yeast extract 10%, peptone 20%, glucose 20%, agar 2%) 사면배지에 30°C, 2일간 배양한 후 4°C에 보관하면서 한 백금이를 YPD 액체배지에 접종하여 30°C, 2일간 정치 배양하여 10%(v/v)를 주모로 사용하였다.

효소제

본 실험에서 사용된 생전분 분해효소제는 *Rhizopus* sp.에서 분리 정제되어 pH 4.5~5.0, 55~58°C 최적조건에서 당화력 30,000 sp/g의 전분당화효소 DAIZYME G(Daiwa Kasei Co., Japan)를 사용하였다.

가수량에 따른 영향 분석

분쇄한 타피오카 100 g을 500 mL 삼각플라스크에 넣고 가수량을 150~550%(v/w)로 각각 조절하여 준비된 주모 10%(v/v)를 접종한 후 30°C 진탕 항온배양기에서 50 rpm, 60 시간 동안 발효시켰다. 발효 종료 후 각각의 가수량별 발효액은 전체 가수량을 550%로 동일하게 채워서 부직포로 여과한 상등액을 분석시료로 사용하였다. 이때 효소제 사용량은 타피오카 건물량의 0.2%(w/w)로 동일하게 사용하였다.

효소제 농도에 따른 영향

타피오카 100 g에 설정된 가수량 250%(v/w)로 생전분 분해효소제 각각 0.1~0.8%(w/w)로 첨가 후 주모 10%(v/v)를 접종하고 30°C 진탕 항온배양기에서 50 rpm, 60시간 동안 배양하였다. 발효 종료 후 부직포로 여과한 상등액을 분석시료로 사용하였다.

알콜발효과정에서의 성분변화

타피오카 분말 100 g에 수돗물 250 mL, 효소제 0.5 g을 첨가하여 주모 10%(v/v)를 접종 후 30°C, 진탕 항온 배양기에서 50 rpm으로 배양하면서 12시간 간격으로 각각의 성분변화를 조사하였다.

일반성분 분석

당도의 측정은 굴절당도계(NI Atago Co., Japan)를 사용하였으며, 알콜함량 측정은 압착여과 후 여과액을 증류하여 alcohol hydrometer로 측정된 값을 Gay Lussac Table로 환산하여 산출하였다(11). pH는 pH meter(Metrohm 691, Switzerland)를 사용하여 측정하였으며, 총산은 0.1 N-NaOH용액으로 중화 적정하여 초산함량으로 환산하였다(12).

환원당 정량

환원당의 정량은 DNS법(13)으로 정량하였다. 즉 희석한 시료용액 1 mL에 DNS용액 1 mL을 가하여 끓는 수조에서 10분간 가열한 후 급냉하고 증류수 3 mL을 첨가하여 UV-visible spectrophotometer(UV-1601, Shimadzu, Japan) 546

nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때, 당의 정량은 glucose 표준용액을 사용하여 작성한 표준곡선으로부터 환산하였다.

전분가 측정

국제청 주류분석법(14)에 따라 당화액의 환원당으로부터 전분가를 산출하였다.

알콜성분 분석 및 알콜수율

알콜성분 분석은 국제청기술연구소 주류분석규정(14)에 따라 gas chromatograph(DS-6200, Donam Co., Korea)로 분석하였으며, 표준물질로 무수 알콜(99.9%)을 사용하여 각각의 알콜성분을 일정량(0~200 ppm) 첨가하여 작성한 표준곡선을 이용하여 정량하였다. 이때 GC의 분석조건은 fused silica capillary column(30 m×0.25 mm)를 사용하였고 detector는 FID로 하였고, injector temperature는 200°C, detector temperature는 230°C, carrier gas는 N₂(60 mL/min)를 사용하였다. 알콜수율은 국제청기술연구소 주류분석규정(14)에 따라 계산하여 백분율로 표기하였다.

통계분석

가수량 및 효소제 농도에 따른 영향에 대한 통계적 유의성 검정은 SAS 통계처리에 의한 Duncan's multiple range test (ANOVA programmed computer)로 실시하였다(15).

결과 및 고찰

가수량 및 효소제 농도의 설정

생전분 분해효소를 이용한 타피오카의 알콜 발효 과정에서 가수량 및 효소제 농도에 따른 영향을 조사하였다. 가수량을 150~550%(v/w)으로 각각 조절하여 30°C, 50 rpm으로 60시간 동안 발효시킨 후 알콜함량, Brix, pH 및 총산을 비교 분석하여 Fig. 1과 2에 나타내었다. 알콜 함량은 가수량 250%(v/w)에서 9.9%로 가장 높았으며 가수량이 높아질수록 낮아지는 경향이었다. Brix는 가수량 200%에서 가장 높았으나 가수량이 증가함에 따라 감소하는 경향이었다. pH와 총산은

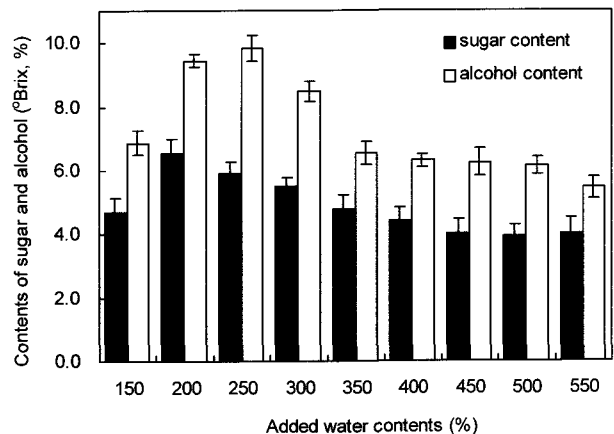


Fig. 1. Effect of added water content for alcohol fermentation.

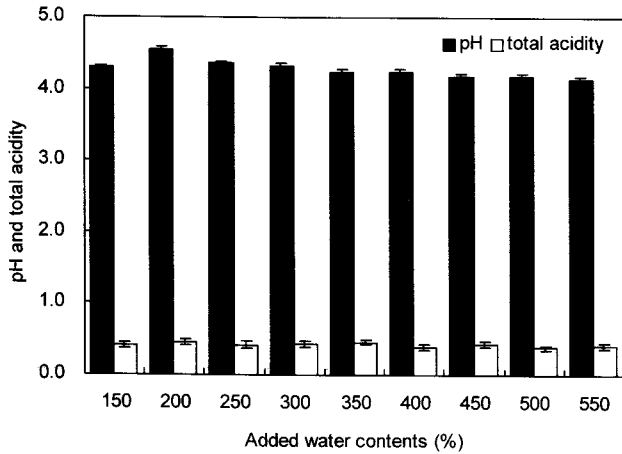


Fig. 2. Effect of added water content for alcohol fermentation.

각각 4.2~4.6, 0.35~0.47의 범위로 가수량에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다. 따라서 타피오카의 무증자 알콜발효에 적합한 가수량은 250%(v/w)으로 나타났으며 이는 일반적으로 전분질 원료를 증가하여 주정을 생산하는 방법의 가수량 400%(v/w) 보다는 낮게 나타나는 경향이었다(5).

가수량에 따른 실험결과에서 알콜함량이 가장 높은 원료 대비 250%(v/w)의 가수량을 기준으로 생전분 분해효소제를 0.1~0.8%(w/w)로 첨가 후 동일한 조건으로 알콜발효시킨 결과는 Fig. 3과 4에 나타난 바와 같이 알콜함량은 효소제 농도가 높을수록 증가하여 효소제 농도 0.5%(w/w)에서 11.3%로 가장 높았으며 그 이상의 농도에서는 감소하는 경향으로 나타났다. Brix는 효소제 농도 0.1%에서 증가하는 경향을 나타내었으나 첨가량 0.5%이후 감소하는 경향을 보였다. 총산은 0.33~0.44, pH는 4.1~4.5의 범위로 효소제 농도에 의한 영향은 거의 받지 않은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Lee 등(8)의 무증자 전분당화에서 glucoamylase 농도가 높을수록 당화력이 증가하였다는 보고와 유사하였으나 효소농도에서는 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 실험에 사용된 효소의 당화력에 따른 차이로 생각되었다.

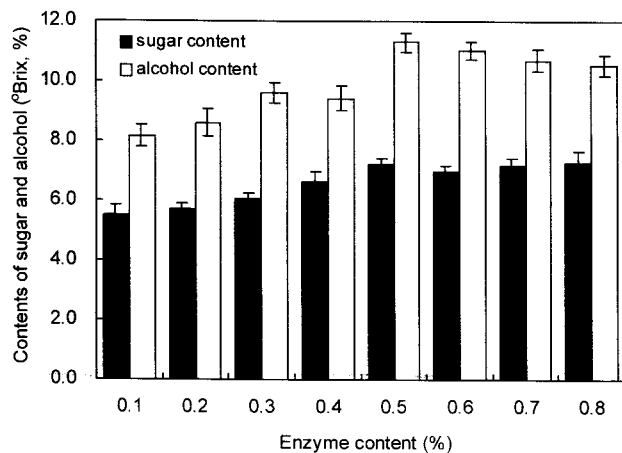


Fig. 3. Effect of added enzyme content for alcohol fermentation.

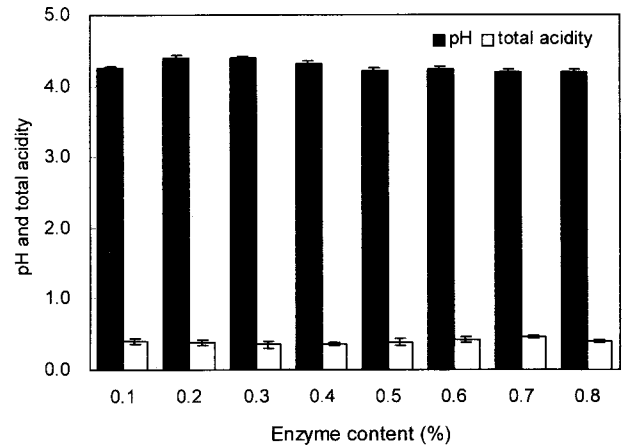


Fig. 4. Effect of added enzyme content for alcohol fermentation.

가수량과 효소제 농도에 따른 알콜 발효 특성의 결과를 분산분석 및 Duncan's multiple range test하여 Table 1~3에 나타내었다. 타피오카를 이용한 무증자 알콜 발효에 대한 가수량은 알콜함량이 가장 높은 가수량 250%(v/w)를 기준으로 200%(v/w) 및 300%(v/w)는 유사한 경향을 보였으며 다른 조건들은 유의적 차이를 나타내었다. 효소제 농도는 알콜함

Table 1. Effect of added water content on sugar content, alcohol content, pH and total acidity after alcohol fermentation

Added water content (%)	Average data			
	Sugar content (%)	Alcohol content (%)	pH	Total acidity
150	4.4 ^{cd1)}	7.0 ^{bb}	4.32 ^{bc}	0.40 ^{aa}
200	6.7 ^{aa}	9.6 ^{aa}	4.55 ^a	0.41 ^{aa}
250	6.1 ^{ab}	10.1 ^{aa}	4.37 ^{bb}	0.42 ^{aa}
300	5.4 ^b	8.6 ^a	4.29 ^{bcd}	0.43 ^{aa}
350	4.6 ^{cc}	6.5 ^{bc}	4.25 ^{cd}	0.45 ^{aa}
400	4.5 ^{cd}	6.1 ^{bc}	4.29 ^{bcd}	0.35 ^{aa}
450	3.8 ^{de}	6.3 ^{bc}	4.21 ^{dd}	0.42 ^{aa}
500	3.6 ^e	6.4 ^{bc}	4.21 ^{cd}	0.35 ^a
550	3.6 ^e	5.4 ^c	4.19 ^d	0.37 ^{aa}

¹⁾Means in the column followed by the same letters are not significantly different at p<0.05 level by Duncan's multiple test.

Table 2. Effect of added enzyme content on sugar content, alcohol content, pH and total acidity after alcohol fermentation

Added enzyme contents (%)	Average data			
	Sugar content (%)	Alcohol content (%)	pH	Total acidity
0.1	4.5 ^{c1)}	5.9 ^e	4.25 ^{aa}	0.40 ^{ab}
0.2	5.7 ^b	8.6 ^d	4.40 ^{aa}	0.37 ^{bb}
0.3	6.1 ^{bb}	9.6 ^{cc}	4.39 ^{aa}	0.36 ^b
0.4	6.3 ^{bb}	9.4 ^c	4.31 ^{aa}	0.36 ^{bb}
0.5	7.3 ^{aa}	11.3 ^{aa}	4.22 ^{aa}	0.39 ^{bb}
0.6	7.0 ^a	11.0 ^{ab}	4.23 ^{aa}	0.42 ^{ab}
0.7	7.1 ^{aa}	10.7 ^{bb}	4.20 ^a	0.46 ^{aa}
0.8	7.2 ^{aa}	10.5 ^b	4.19 ^{aa}	0.41 ^{ab}

¹⁾Means in the column followed by the same letters are not significantly different at p<0.05 level by Duncan's multiple test.

Table 3. Anova analysis of sugar content, alcohol content, pH and total acidity on the non-steamed tapioca fermentation condition

Tapioca fermentation condition	F-Ratio			
	Sugar content (%)	Alcohol content (%)	pH	Total acidity
Added water content	36.57***	19.96***	16.41***	0.55
Added enzyme content	21.34***	122.15***	18.52***	2.71**

Indicate significant difference ($p < 0.05$), *Indicate significant difference ($p < 0.01$).

량이 가장 높은 0.5%를 기준으로 0.6%만 비슷한 수준이었다.

생전분 분해효소를 이용한 타피오카의 알콜발효는 알콜함량, Brix 및 pH는 가수량과 효소제 농도에 영향을 받았으나 총산은 효소제 농도에만 영향을 받는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 바탕으로 확립된 가수량과 효소제량에 따른 알콜 발효과정에서의 성분변화를 비교 분석할 필요성이 있었다.

알콜함량 및 수율의 변화

설정된 가수량 및 효소제에 따른 알콜 발효 과정에서의 성분의 변화를 조사하였다. 타피오카 분말 100 g에 가수량 250 mL, 효소제 0.5 g을 첨가하고 주모 10%(v/v)를 접종하여 12 시간 간격으로 알콜함량 및 알콜수율의 변화를 측정 한 결과는 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 알콜함량은 발효 12시간에 3.1%가 되었으며, 발효 96시간에 11.7%로 최고치에 도달한 후 발효종료 후에는 11.6%로 나타났다. Han과 Chung(9)의 연구에서 최적 알콜 생성기간이 약 5일로 보고되어 발효시간은 크게 차이가 나지 않았다. 알콜수율은 발효 12시간에 18%에서 발효 72시간까지 급격히 증가하였으나 그 후 큰 변화를 나타내지 않았다. 이상의 결과로 알콜함량 및 수율은 발효 72시간째 가장 높게 나타났으며, 이때의 알콜 발효 수율은 69%로 나타났다. Bae와 Lee(7)의 무증자 전분 알콜 수율은 85~88%였다는 결과보다 낮았으며 이러한 결과는 전분질 원료의 종류 및 효소제 역가에 따른 차이로 생각되었다.

당도 및 환원당 함량의 변화

알콜발효 과정 중 당도 및 환원당의 변화를 측정 한 결과는 Fig. 6과 같다. 발효초기 3.0°Brix에서 발효 96시간에 7.1°

Brix를 나타낼 때까지 증가하였으며, 이후 발효 종료까지 7.1°Brix정도로 큰 변화가 없었다. 환원당 함량의 변화는 발효 초기 872 mg%였으며, 발효 기간이 경과함에 따라 점차 감소하는 경향이었고 발효 36시간에 390 mg%로 급격한 감소를 보였으며 발효 종료 후에는 299 mg%였다.

pH 및 총산의 변화

알콜발효 과정 중 pH의 변화는 발효초기 pH 6.2에서 발효 12시간에 pH 4.7로 급격한 감소를 보였으며, 그 후 발효 기간이 경과함에 따라 약간씩 감소하여 발효 종료 후에는 pH 4.2를 나타내었다(Fig. 7). 총산은 발효초기 0.11이었으며, 발효 종료 후 0.43으로 발효과정 중 큰 변화는 크게 나타나지 않았다. 이상과 같은 pH 및 총산의 변화로 보아 증자과정을 거치지 않은 무증자 원료의 사용에 따른 산패 현상은 나타나지 않은 것으로 생각된다. 또한 glucoamylase의 당화력과 알콜 발효 효모의 발효성은 pH와 총산에 의해 크게 영향을 받지만, 본 실험에서 pH 4.2, 총산 0.39에서 알콜함량이 가장 높았던 것은 당화력과 효모의 발효성에 적합한 것으로 나타났다. 이상의 결과는 Oh 등(16)의 쌀보리의 무증자 알콜발효에서 효모의 이용율이 pH 4.3에서 양호하다는 것과 유사하였다. 그러나 소규모 실험실에서 담금과 달리 scale-up 대량생산 단계에서는 원료의 오염정도 및 환경요인 등에 따른 잡균 오염 방지를 위한 보완이 요구될 것으로 생각된다.

알콜성분의 변화

알콜발효과정 중 알콜성분의 변화는 ethanol 외에 methanol, iso-propanol, n-propanol, iso-butanol 및 iso-amylal-

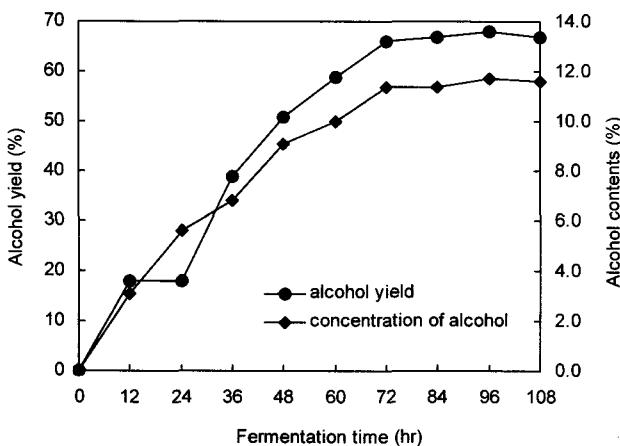


Fig. 5. Changes of alcohol yield and alcohol content during alcohol fermentation.

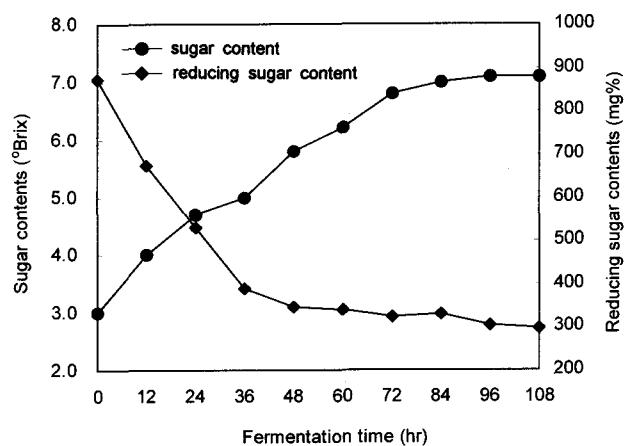


Fig. 6. Changes of sugar content and reducing sugar during alcohol fermentation.

Table 4. Changes of alcohol components and acetaldehyde during alcohol fermentation (unit: ppm)

Components	Fermentation time (hr)									
	12	24	36	48	60	72	84	96	108	
Acetaldehyde	18.15	23.77	15.01	13.78	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Methanol	46.37	55.56	45.84	52.40	37.08	41.54	44.38	40.49	55.88	
Ethanol	19026.0	52672.0	59815.0	84708.0	962325.0	103823.0	116337.0	113032.0	117830.0	
Iso-propanol	trace	11.96	11.15	17.63	21.42	26.66	31.00	31.61	28.16	
n-propanol	22.73	42.68	35.70	46.87	49.60	54.80	62.41	60.65	55.85	
Iso-butanol	10.41	56.74	63.62	88.08	90.69	85.49	108.04	99.72	91.17	
Iso-amylalcohol	39.84	137.95	183.12	287.03	306.42	280.86	331.55	326.78	308.85	

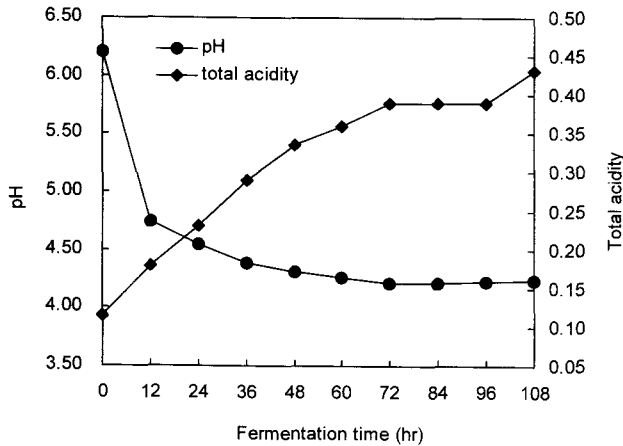


Fig. 7. Changes of pH and total acidity during alcohol fermentation.

cohol 등의 알콜류와 acetaldehyde가 확인되었다(Table 4). Acetaldehyde의 초기함량은 18.15 ppm에서 발효기간이 경과함에 따라 감소하였고, methanol의 함량은 초기와 비슷한 수치를 나타내었다. Ethanol은 발효종료 후 가장 높은 117,830 ppm을 나타내었으며, iso-propanol은 초기에는 11.96 ppm이었으나 발효과정동안 증가하여 발효 96시간에 최고수치인 31.61 ppm을 나타내었다. 발효초기에 n-propylalcohol은 22.73 ppm이었으나 발효기간동안 서서히 증가하여 발효 84시간에는 62.41 ppm으로 최고수치를 나타내고 이후 감소하는 경향을 보였다. Iso-butylalcohol은 서서히 증가하여 발효 84시간에 최고수치인 108.04 ppm에서 감소하는 경향을 보였다. Iso-amylalcohol은 발효기간이 경과함에 따라 증가하는 경향이 있었으며 발효시간 96시간에 326.78 ppm으로 최고 수치를 나타내었다. 이상의 결과로 생전분 분해효소를 이용한 타피오카의 무중자 알콜발효는 scale-up에 따른 담금조건 개선, 원료의 전처리 조건이 보완되면 산업적으로 응용이 가능할 것으로 기대된다.

요 약

생전분 분해효소를 이용한 타피오카의 당화 및 알콜 병행 발효에 적합한 조건을 조사하였다. 그 결과 가수량 250% (v/w), 효소제 사용량 0.5%(w/w)를 사용하여 96시간 발효하였을 때 알콜 함량이 가장 높았다. 알콜발효 96시간째에 알

콜함량 및 환원당은 11.7% 및 306 mg%으로 각각 나타났다. pH 변화는 발효초기 pH 6.2에서 발효 후 pH 4.2 범위로 감소하였으며, 총산은 발효초기 0.11에서 0.43까지 증가하였으나 큰 변화는 없었다. 알콜성분은 ethanol, methanol, iso-propanol, n-proylalcohol, iso-butylalcohol 및 iso-amylalcohol 이 분석되었으며 그외에 acetaldehyde가 확인되었다. 생전분 분해효소제를 이용한 타피오카의 알콜발효 조건은 가수량 250%, 효소제 0.5%로 설정할 수 있었다. 그러나 전반적인 발효수율은 증자방법에 비하여 낮게 나타났다.

감사의 글

본 연구결과는 교육부 주최 제26회 전국 대학생 학술대회 연구결과중 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

- Rhee YC, Hong BJ, Rhee HJ. 1976. The nutritive value of tapioca root meal for broiler chick. *Korean J Ani Sci* 18: 31-36.
- Chee KM. 1986. Nutritive values of tapioca. *Korean J Animal Nutrition & Feedstuffs* 10: 17-18.
- Korea Alcohol and Liquor Industry Association. Kalia.or.kr
- Park KH, Oh BH, Hong SS, Lee KH. 1984. Production of alcohol from starch without cooking. *J Korean Agric Chem Soc* 27: 198-203.
- Nam KD. 2000. The important of processes for efficient production of alcohol. *Kor J Appl Microbiol Bioeng* 13: 57-59.
- Kwon KR, Kim JH. 1987. Studies on the utilization of cassava starch by a strain of *Rhizopus* and *Aspergillus niger*. *Kor J Mycol* 15: 158-168.
- Bae M, Lee JM. 1983. Saccharification of raw starch in ethanol fermentation. *Kor J Appl Microbiol Bioeng* 11: 181-185.
- Lee SY, Shin YC, Lee SH, Kim HS, Byun SM. 1984. Saccharification of uncooked starch. *Kor J Food Sci Technol* 16: 463-471.
- Han MS, Chung DH. 1985. Saccharification and ethanol fermentation from uncooked starch using *Aspergillus niger* koji. *Kor J Food Sci Technol* 17: 258-264.
- Lee YH, Park JS. 1989. Evaluation of operational conditions and power consumption of a bioreactor for enzymatic saccharification of uncooked starch. *Kor J Appl Microbiol Bioeng* 17: 349-357.
- Jeong YJ, Lee GD, Kim KS. 1998. Optimization for the fer-

- mentation condition of persimmon vinegar using response surface methodology. *Kor J Food Sci Technol* 30: 1203-1208.
12. AOAC. 1990. *Official Method of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. p 148.
 13. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
 14. 국세청 기술 연구소. 1999. 주류 분석 규정 6: 65-67.
 15. SAS institute, Inc. 1988. *SAS/STAT User's Guide*. Version 6. 4th ed. Cary, NC, USA.
 16. Oh SH, Kwon HJ, O PS. 1987. Screening of a potent, raw naked barley saccharifying enzyme producer and its application on the uncooked alcohol fermentation. *Kor J Appl Microbiol Bioeng* 15: 408-413.

(2002년 1월 24일 접수; 2002년 5월 13일 채택)